Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXXIII. Jahrgang. Fünftes Heft. September 1920.

Ein Schwingungsapparat nach H. Th. Simon

für Vorlesung und Praktikum.

(Mitteilung aus dem Institut für angewandte Elektrizität der Universität Göttingen).

Von **Otto Oldenberg.**

Inhalt:

I. Beschreibung des Apparates: 1. Das einzelne schwingende System. 2. Herstellung erzwungener Schwingungen. 3. Die Koppelung. 4. Zubehör zur Demonstration.
II. Handhabung des Apparates: 1. Das einzelne schwingende System: a) Freie Schwingungen. b) Erzwungene Schwingungen. — 2. Gekoppelte Systeme: a) Wirkung der Koppelung. b) Allgemeine Gesetze. c) Die Wiensche Stoßerregung und der Braunsche gekoppelte Sender. — 3. Demonstration Lissajousscher Figuren.
III. Anhang: Theorie des Apparates: 1. Das einzelne schwingende System. 2. Theorie der benutzten Koppelung.

Um die in so vielen Gebieten der Physik hervortretenden, typischen Schwingungsvorgänge in der Vorlesung vorführen und ihre Gesetzmäßigkeiten experimentell verfolgen zu können, konstruierte H. Th. Simon, der Direktor des oben genannten Instituts, schon vor längerer Zeit einen einfachen Demonstrationsapparat [1]). Im Lauf der Jahre baute er ihn entsprechend den Bedürfnissen des Unterrichts immer weiter aus, bis er die im folgenden beschriebene Gestalt annahm. Dabei leitete ihn der Gesichtspunkt, möglichst mannigfaltige elektrische Versuche mechanisch nachzubilden, andererseits aber auch Einzelheiten, die sich beim elektrischen Vorgang zunächst der Beobachtung entziehen, die jedoch für das Verständnis wesentlich sind, zur Anschauung zu bringen. Da dieser Demonstrationsapparat sich durch seine Übersichtlichkeit, Präzision und Vielseitigkeit beim Gebrauch in der Vorlesung vortrefflich bewährte, zugleich aber auch einen für das physikalische und elektrotechnische Praktikum äußerst lehrreichen Meßapparat darstellt, entschloß sich Simon, ihn weiteren Kreisen zugänglich zu machen und zu empfehlen [2]). Die Ausführung dieser Absicht war Simon nicht mehr vergönnt. Die folgende Beschreibung ist nach Möglichkeit in seinem Sinne gehalten. In den ersten Abschnitten lehnt sie sich an ein von ihm begonnenes Manuskript an.

I. Beschreibung des Apparates.

1. Das einzelne schwingende System.

Der Apparat (s. Fig. 1) besitzt zwei gleiche schwingende Systeme, die miteinander gekoppelt werden können. Das einzelne System ist ein der Schwere entzogenes Pendel folgender Konstruktion: Ein Pendelkörper P aus Aluminium ist vertikal stehend auf Schneiden drehbar gelagert. Durch kleine Schraubgewichte (auf der Figur nicht erkennbar) ist sein Schwerpunkt genau in die Achse verlegt. In Schlitzen

[1]) Eine andere Konstruktion und Angabe weiterer Literatur s. Breisig, Jahrb. f. drahtl. Telegr. **13**, 1918, S. 2.

[2]) Der Apparat wurde zunächst von dem Institutsmechaniker, Herrn W. Müller, meisterhaft ausgeführt. Für die Zukunft hat die Firma E. Leybold's Nachfolger, Köln a. Rh., seine Anfertigung übernommen.

sind zwei gleiche Massen m symmetrisch zur Achse festgeklemmt. Ihr Abstand von der Achse ist an einer Skala ablesbar. Das Trägheitsmoment ist $2\,m\,r^2$ (vermehrt um das kleine Trägheitsmoment des Aluminiumkörpers). Die Direktionskraft wird durch die Torsion einer in der Verlängerung der Achse angebrachten Flachfeder F aus Uhrfederstahl hervorgebracht, die in einem Klemmklotz Kl endigt. Dieser Klemmklotz ist in dem längs einer Skala verschiebbaren Lagerbock Lb vermittelst eines langen Hebels (nicht auf Fig. 1) drehbar, sei aber zunächst durch die Schraube s darin festgeklemmt. Die jeweilige wirksame Länge der Flachfeder, die für den Wert der Direktionskraft bestimmend ist, wird an einer Skala abgelesen. Das Trägheitsmoment ist so groß gewählt und die Reibung der Schneidenlager ist so gering, daß Schwingungen von sehr geringer Dämpfung hergestellt werden können. Die Dämpfung kann dadurch willkürlich vergrößert werden, daß in den Kreisscheiben der Pendelkörper P, die zwischen den Polen von Elektromagneten M schwingen, Wirbelströme induziert werden. Die Ausschläge der Pendelkörper werden an den Bogenskalen B abgelesen. Zur absoluten Messung der Direktionskraft der Feder kann dem einen Pendel durch ein Gewicht eine dauernde Ablenkung aus seiner Ruhelage erteilt werden. Dies Gewicht ist durch einen Faden an einem der Stifte anzuhängen, die oben auf dem Rande der Kreisscheiben angebracht sind, und zwar so, daß der Faden über den Rand der Kreisscheibe hinweg gelegt wird; dann wirkt der Radius der Kreisscheibe als Hebelarm.

2. Herstellung erzwungener Schwingungen.

Zur Demonstration erzwungener Schwingungen wird an einem der beiden Pendel die Drehung des Klemmklotzes Kl durch Lockerung der Schraube s freigegeben. Dem mit dem Klemmklotz verbundenen Hebel wird eine Pendelbewegung von willkürlicher Frequenz durch folgenden Mechanismus aufgezwungen: In einem Schlitz des Hebels bewegt sich ein Zapfen hin und her, der exzentrisch auf einer Achse befestigt ist; diese Achse ist durch einen kleinen Motor über einen Schnurlauf anzutreiben. Die Amplitude dieser Schwingungsbewegung kann durch den Abstand des exzentrischen Zapfens von der Achse reguliert werden. Gleichzeitig mit dem Hebel wird der mit ihm starr verbundene Klemmklotz Kl und damit das Ende der Flachfeder F periodisch hin und her gedreht.

3. Die Koppelung.

Die Koppelung zwischen beiden Pendeln wird durch das Gestänge g hergestellt, dessen senkrechte Hebelarme mit Schlitzen auf die Flachfedern aufgeklemmt werden. Verschieden feste Koppelung kann leicht durch Verschiebung des Gestänges auf den Flachfedern hergestellt werden. Der Hauptvorzug dieser Koppelung ist, daß ihre Wirkung ohne weiteres dem Zuhörer anschaulich ist. Von einer anderen Koppelung für einen speziellen Zweck wird später die Rede sein (s. S. 170).

4. Zubehör zur Demonstration.

Der Ausschlag eines jeden Pendels als Funktion der Zeit kann an der Bogenskala B abgelesen, kann aber zugleich auf einer berußten, durch ein Uhrwerk gleichförmig bewegten Glasplatte[1]) als Schwingungskurve aufgeschrieben werden. Die Schreibvorrichtung ist folgende: Durch zwei leichte Aluminiumgestänge wird die Bewegung der beiden Pendel auf zwei horizontal bewegliche Schreibstifte übertragen. Diese legen sich an eine vertikal zwischen zwei Führungsleisten bewegliche, berußte Glasplatte N an und graben dort die Kurve ihrer Bewegungen ein. Durch eine Gelenkbrücke ist zwischen beiden Schreibstiften ein dritter beweglich

[1]) Die Glasplatte wird am besten über einer Petroleumflamme nur dünn berußt. Die fertigen Kurven können auf der Glasplatte mit aufgespritzter Schellacklösung fixiert und dann wie photographische Negative kopiert werden. So entstanden Figg. 3 und 6.

angeordnet; dieser führt in leicht ersichtlicher Weise stets die halbe Summe der Verschiebungen der beiden Stifte aus und zeichnet sie auf der Glasplatte auf. Der Zweck dieser letzteren Einrichtung wird weiter unten (S. 167) erklärt. Die Spitzen der drei Schreibstifte liegen alle in derselben Höhe. Die Verschiebung der berußten Platte *N* erfolgt mit Hilfe einer Schnur, die über eine Rolle *Rl* geführt, auf einer von einem Uhrwerk getriebenen Scheibe *Sch* endigt. Die verschiedenen Stufen der Scheibe gestatten in einfacher Weise, die Verschiebungsgeschwindigkeit der Glasplatte zu verändern. Die Schreibstifte können je nach Bedarf zurückgeklappt oder angelegt werden. Eine Arretierungsvorrichtung macht das Einschieben der Glasplatte unmöglich, solange die Schreibstifte nicht zurückgeklappt sind; man würde sie sonst leicht

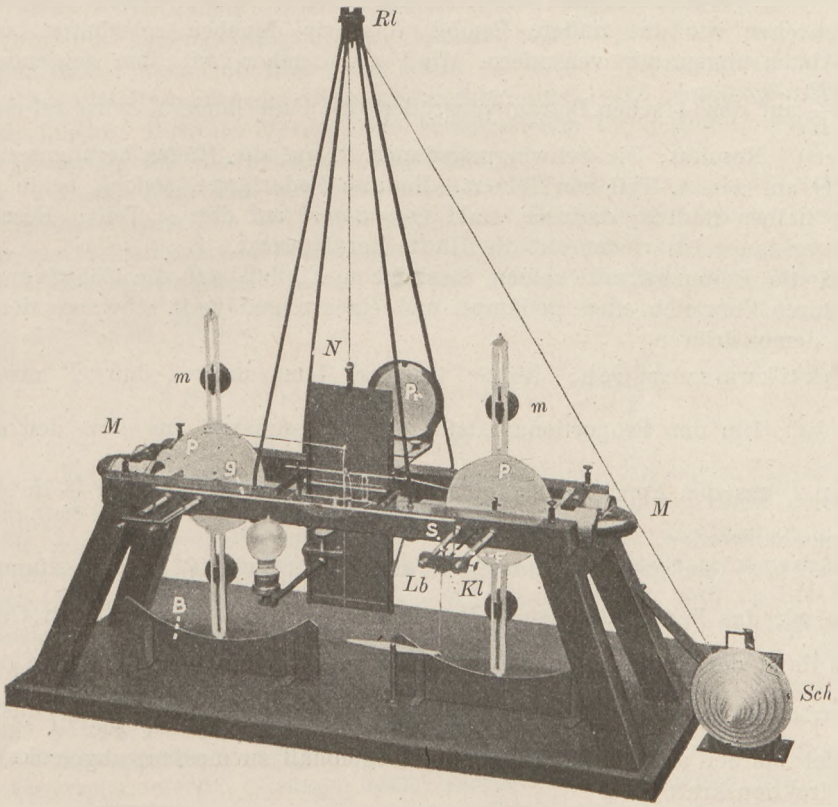


Fig. 1 (ca. 1/12 nat. Gr.).

verbiegen oder zerstören. Als Ordinaten der Schwingungskurven erscheinen bei dieser Abbildung durch das Gestänge zwar nicht genau die Bögen selbst, sondern ihre Projektionen auf die Horizontale. Jedoch ist Berücksichtigung dieses Fehlers nur bei genauen, messenden Versuchen erforderlich.

Eine einfache Projektionsvorrichtung *Pr* (eine Kondensorlinse ist in Fig. 1 fortgelassen) gestattet, diese Schwingungskurven während ihres Entstehens einer beliebig großen Hörerschaft sichtbar zu machen.

II. Handhabung des Apparates.

Im folgenden soll eine Reihe von Demonstrations- und Praktikumsversuchen in systematischer Anordnung beschrieben werden, ohne jedoch Vollständigkeit anzustreben. Dazu ist die Mannigfaltigkeit der möglichen Versuche viel zu groß.

1. Das einzelne schwingende System.

Das Pendel vom Trägheitsmoment Θ (gr cm^2) erfahre durch eine Feder von der Länge L und der Torsionskonstanten F eine Direktionskraft $\frac{F}{L}\left(\frac{\text{gr cm}^2}{\text{sec}^2}\right)$. Dann ist die Eigenschwingungsdauer dieses Pendels

$$T = 2\pi\sqrt{\Theta \cdot \frac{L}{F}} \text{ (sec)}.$$

Die folgenden beiden Versuche sollen diesen Einfluß von Trägheitsmoment und Direktionskraft der Feder auf die Schwingungsdauer demonstrieren. Das eine Pendel schwingt mit ganzer Federlänge, die schweren Gewichte auf den größten Radius gestellt. (Das Trägheitsmoment der Aluminiumscheibe ist zu vernachlässigen.) Hiermit vergleichen wir das andere Pendel, das wir daneben schwingen lassen und dessen Abmessungen wir verändern. Und zwar geben wir ihm folgende Werte:

1. $\frac{F}{L}$ auf den 4fachen Betrag vergrößert (die Federlänge L wird auf den 4. Teil verkleinert). Resultat: Die Schwingungsdauer ist auf die Hälfte herabgesetzt.

2. Θ auf den 4. Teil verkleinert (die alte Federlänge, jedoch beide Gewichte auf dem halben Radius; dadurch sinkt $\Theta = 2mr^2$ auf den 4. Teil). Resultat: Die Schwingungsdauer ist wieder auf die Hälfte herabgesetzt.

Daß die Reibungskraft keinen merklichen Einfluß auf die Schwingungsdauer hat, ist durch Vergleich eines gedämpft und eines ungedämpft schwingenden Pendels leicht zu demonstrieren.

Praktikumsversuch: Bisher ist nur demonstriert, daß T proportional $\sqrt{\Theta \cdot \frac{L}{F}}$ ist. Um den Proportionalitätsfaktor zu bestimmen, um also den absoluten Wert von T aus den Apparatkonstanten zu ermitteln, müssen Θ und $\frac{F}{L}$ in absolutem Maß gemessen werden.

$\Theta = 2mr^2$ (cm^2 gr) (m = Masse des einzelnen Gewichts). Zur Bestimmung von $\frac{F}{L}$ lenken wir das Pendel aus seiner Ruhelage ab dadurch, daß wir ein Gewicht G über den Rand der Kreisscheibe vom Radius R hinweg an einem der Stifte (s. S. 162) anhängen: dadurch übt das Gewicht ein Drehmoment $G \cdot R \cdot 981 \left(\frac{\text{cm}^2\,\text{gr}}{\text{sec}^2}\right)$ aus. Wenn das Pendel hierbei um den Winkel α (im Bogenmaß zu messen) abgelenkt wird, so ist die Direktionskraft

$$\frac{F}{L} = \frac{G \cdot R \cdot 981}{\alpha}\left(\frac{\text{cm}^2\,\text{gr}}{\text{sec}^2}\right). \qquad T = 2\pi\sqrt{\Theta \cdot \frac{L}{F}} \text{ (sec)}$$

ist hieraus zu berechnen und mit dem unmittelbar gemessenen Wert zu vergleichen.

Der entsprechende elektrische Versuch ist die absolute Eichung eines Wellenmessers durch Messung von Kapazität und Selbstinduktion.

Demonstrationsversuch: Einfluß des Trägheitsmoments Θ und des Reibungsmoments R auf das Dämpfungsverhältnis k; log nat $k = \frac{T \cdot R}{2\Theta}$. Beide Pendel mit gleicher Federlänge und gleichem Trägheitsmoment schwingen nebeneinander. Bei einem wird durch Einschalten des magnetisierenden Stromes die Dämpfung verstärkt. In einem zweiten Versuch werden durch beide Magnete gleich starke Ströme geschickt; beide Pendel schwingen gleich stark gedämpft. Jetzt wird bei einem Pendel Θ um einen erheblichen Betrag verkleinert, entsprechend auch die Federlänge, so daß die Schwingungsdauer erhalten bleibt und ein Vergleich beider Pendel leicht möglich ist. Das Pendel mit verkleinertem Trägheitsmoment schwingt stärker gedämpft.

Zur Demonstration erzwungener Schwingungen eines Pendels dient die Anregung durch den beschriebenen Exzenter (s. S. 162).

Demonstrationsversuch: Die Achse, die den Exzenter trägt, wird durch einen Motor angetrieben, so daß zunächst die erzwungene Schwingung schneller ist, als die Eigenschwingung des Pendels. Wir nehmen an, daß der Einschaltvorgang abgeklungen ist. Nun wird allmählich die Tourenzahl des Motors verringert. Dabei geht die dem Pendel aufgeprägte Schwingung über die Eigenfrequenz des Pendels hinweg. An dieser Stelle hat die Amplitude der Pendelschwingung ein ausgeprägtes Maximum (Resonanz). Die anregende Kraft, also die Exzentrizität des Zapfens, muß für diesen Versuch recht klein gewählt werden; sonst stößt im Augenblick der Resonanz das Pendel seitlich an. Zweckmäßig wird die Pendelschwingung für diesen Versuch durch Wirbelströme etwas gedämpft. Sonst lagert sich nach Überschreiten der Resonanz die Eigenschwingung des Pendels allzu stark über die erzwungene Schwingung über; auch mit Dämpfung kann es leicht vorkommen, daß sich nach Überschreiten der Resonanz die Eigenschwingung durch eine vereinzelte Schwebung bemerkbar macht. Derselbe Versuch bei verschiedenen Dämpfungen zeigt den Einfluß der Dämpfung auf die Resonanz-Amplitude.

Der Versuch zeigt uns ein mechanisches Bild des elektrischen Stromes, den eine Wechselstrommaschine bei Änderung ihrer Frequenz in einem System von Kapazität und Selbstinduktion hervorruft. Die Stromstärke I hat (unter der Annahme konstanter elektromotorischer Kraft E) ein scharf ausgeprägtes Maximum für $\omega^2 = \frac{1}{LC}$ gemäß der Formel

$$I = \frac{E}{\sqrt{W^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}, \quad \left(\omega = \frac{2\pi}{T}\right).$$

Dieser Versuch macht auch die Phasenverschiebung zwischen der anregenden Kraft und der Bewegung des Pendels unmittelbar anschaulich. Diese Verschiebung ist an der gegenseitigen Bewegung von Pendel und Hebel unmittelbar erkennbar. Sie wird besonders augenfällig bei kräftiger Bewegung des Hebels (großer Exzentrizität des Zapfens). Das Pendel muß so stark gedämpft werden, daß es bei Resonanz nicht anschlägt. Der eben beschriebene Versuch zeigt bei schneller Bewegung des Hebels entgegengesetzte Ausschläge von Hebel und Pendel (Phasenverschiebung nahe $= 180^0$), dagegen bei langsamer Bewegung gleichgerichtete Ausschläge (Phasenversch. nahe $= 0^0$); dazwischen liegt der Resonanzfall; bei ihm geht das Pendel gerade durch Null, wenn der Hebel seinen maximalen Ausschlag hat (Phasenversch. $= 90^0$). Dieser letzte Versuch veranschaulicht die Phasenverschiebung φ zwischen der elektromotorischen Kraft und dem elektrischen Strom;

$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{W}$. Diese Formel ergibt nahezu

für großes ω $\quad \varphi = 90^0$;
„ kleines ω $\quad \varphi = -90^0$;
„ Resonanz $\quad \varphi = 0^0$.

In der Theorie (s. Anhang, S. 172) entspricht die elektromotorische Kraft E der anregenden Kraft $\frac{F}{L} \cdot g$ des Hebels, dagegen die elektrische Stromstärke I nicht dem Ausschlag α, sondern der Geschwindigkeit α' des Pendels; deshalb treten bei Beobachtung der Ausschläge des Hebels noch um 90^0 andere Phasenverschiebungen auf als im elektrischen Versuch[1]).

[1]) Eine einfache Demonstration dieser Phasenverschiebungen an den Zungen eines Frequenzmessers beschreibt Schüler, E. T. Z. 1916, S. 41.

Dämpfungsmessung an der Resonanzkurve (Praktikumsversuch). Die Resonanzkurve, deren mechanische Nachbildung wir eben kennen gelernt haben, besitzt in der drahtlosen Telegraphie eine besondere Bedeutung für die Dämpfungsmessung. Ganz dieselbe Messung können wir an unserem Apparat durchführen. Zu diesem Zweck muß der Praktikant zunächst die genaue Form der Resonanzkurve aufnehmen, das heißt, zusammengehörige Werte von Amplitude und Schwingungszahl messen. Der Motor, der den Hebel bewegt, muß für diese Messung mit gut regulierbarer, gleichmäßiger Tourenzahl laufen. Zweckmäßig wird die Messung für ein stark gedämpftes Pendel durchgeführt, weil dabei eine geringe Schwankung der Frequenz wenig ausmacht; ferner wird am besten ein rasch schwingendes Pendel benutzt, weil sehr geringe Tourenzahlen des Motors schwieriger herzustellen sind.

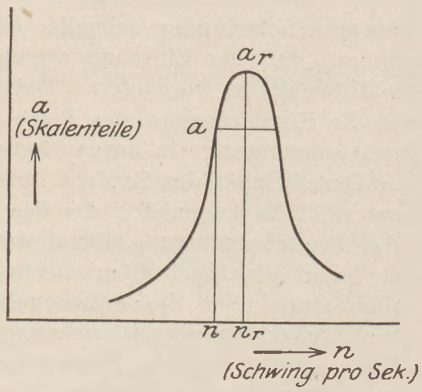


Fig. 2.

Die sekundliche Schwingungszahl n wird mit der Stoppuhr bestimmt, die dazu gehörige Amplitude a des Ausschlags durch Ablesung an der Bogenskala. Nach jeder Änderung der Tourenzahl muß gewartet werden, bis sich wieder der endgültige Wert der Amplitude eingestellt hat.

Aus zwei Punkten der Kurve (s. Fig. 2) ist das logarithmische Dekrement ϑ genau wie in der drahtlosen Telegraphie abzuleiten nach der Formel

$$\vartheta = 2\pi \frac{n_r - n}{n_r} \sqrt{\frac{a^2}{a_r^2 - a^2}}$$

(s. Anhang, S. 172. Vgl. auch Zenneck, Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie, 4. Aufl., Stuttgart 1916, S. 137). Die Formel ist auf verschiedene Punkte der Kurve anzuwenden; dabei muß sich bis auf wenige Prozent genau immer derselbe Wert von ϑ ergeben. Aus ϑ folgt das Dämpfungsverhältnis $\frac{a_1}{a_2}$ durch die Formel

$$\vartheta = \log \text{nat} \frac{a_1}{a_2}.$$

Dieser Versuch entspricht der Dämpfungsmessung der drahtlosen Telegraphie; dort kann die Schwingung angeregt werden durch lose Koppelung mit einem Primärkreis, der in seiner Eigenfrequenz zu ungedämpften Schwingungen angeregt wird. Hierbei wirkt auf den Sekundärkreis eine ungedämpfte anregende Kraft, ganz wie bei unserm mechanischen Versuch. Es ist unwesentlich, daß wir die mechanische Kraft nicht durch Koppelung herstellen.

Zur Kontrolle kann beim mechanischen Versuch leicht das Dämpfungsverhältnis $\frac{a_1}{a_2}$ durch unmittelbare Ablesung der Amplituden ermittelt werden.

Demonstration eines Einschaltvorganges. Das wesentliche Kennzeichen des Einschaltvorganges ist folgendes: Zunächst lagert sich die Eigenschwingung des Pendels über die aufgezwungene Schwingung über. Nach dem Abklingen der Eigenschwingung bleibt die ungedämpfte, aufgezwungene Schwingung übrig. Daraus folgt, daß bei einer geringen Differenz zwischen diesen beiden Frequenzen zunächst Schwebungen auftreten. Zu ihrer Demonstration dient folgender Versuch: Der Hebel wird durch den Motor hin und her bewegt mit einer Frequenz, die etwas unter der Eigenfrequenz des Pendels liegt. Das Pendel wird zunächst mit der Hand festgehalten und dann freigegeben (entsprechend dem Einschalten eines elektrischen Kreises).

Die Schwebungen sind deutlich erkennbar. Je stärker die Dämpfung des Pendels ist, um so eher klingt der Einschaltvorgang ab.

2. Gekoppelte Systeme.

a) Wirkung der Koppelung. Elektromagnetische, schwingungsfähige Systeme können auf drei verschiedene Arten miteinander gekoppelt werden (s. Zenneck, S. 95 ff.).

1. magnetisch (induktiv); beiden Kreisen ist eine Selbstinduktion gemeinsam, oder sie sind durch gegenseitige Induktion miteinander verknüpft;
2. galvanisch; beiden Kreisen ist ein Ohmscher Widerstand gemeinsam;
3. elektrisch (kapazitiv); beiden Kreisen ist eine Kapazität gemeinsam.

Die bei unserem mechanischen Modell benutzte Koppelung durch das auf die Flachfedern geklemmte Gestänge ist eine elastische Koppelung. Sie entspricht, wie im Anhang (s. S. 172) nachgewiesen wird, genau der kapazitiven Koppelung. Weiter wird jedoch dort bewiesen, daß unser Apparat auch die Schwingungen induktiv gekoppelter Kreise in allen wesentlichen Zügen richtig zur Anschauung bringt. Die galvanische Koppelung besitzt praktisch keine Bedeutung. In der drahtlosen Telegraphie findet am häufigsten induktive Koppelung Verwendung.

Unser Apparat gestattet leicht die Demonstration verschieden fester Koppelung. Wenn das Gestänge dicht am Klemmklotz *Kl* (Fig. 1) auf die Flachfedern aufgesteckt wird, dauert es lange, bis eine Bewegung des Primärsystems auf das Sekundärsystem übertragen wird (lose Koppelung). Wird umgekehrt das Gestänge dicht am Pendel auf die Flachfedern gesteckt, sind beide Pendel so gut wie starr miteinander verbunden (feste Koppelung). Dazwischen sind alle möglichen Werte der Koppelung einzustellen.

b) Allgemeine Gesetze. Wenn ein ungedämpft schwingender Primärkreis mit einem Sekundärkreis lose gekoppelt ist, so ist der oben in anderem Zusammenhang behandelte Fall realisiert, daß der Sekundärkreis mit einer geringen Wechselkraft angeregt wird; darauf braucht deshalb hier nicht weiter eingegangen zu werden. Bei fester Koppelung des ungedämpften Primärkreises lassen sich wenig allgemeine Gesetze aufstellen (s. Zenneck, S. 92). Wir beschränken uns deshalb auf gedämpfte Schwingungen gekoppelter Systeme, die auch in der drahtlosen Telegraphie bisher die Hauptrolle spielten. Zu ihrer Demonstration dienen die folgenden Versuche.

Die Konstanten beider Pendel mögen auf die gleichen Werte eingestellt werden, z. B. die großen Gewichte mögen auf kleine Radien aufgeklemmt werden, die Federn auf größte Länge gestellt; die Dämpfungsströme seien Null. Verglichen werden sollen die Schwingungen, die sich bei Anstoßen des Primärpendels ergeben bei verschieden fester Koppelung. Bei loser Koppelung wandert allmählich nach einer großen Anzahl von Schwingungen die Energie in das Sekundärpendel; die primäre Amplitude wird Null; jetzt folgt derselbe Vorgang in umgekehrtem Sinne, da lediglich die Pendel ihre Rolle vertauscht haben (s. Fig. 3, zugleich ein Beispiel für die von der Schreibvorrichtung gelieferten Kurven).

Bei festerer Koppelung geht diese Übertragung der Energie sehr viel schneller vor sich; das ist durch einen neuen Versuch nach Verschiebung des Koppelungsgestänges leicht zu demonstrieren.

Aus der im Anhang dargestellten Theorie der Koppelung ergibt sich die merkwürdige Erscheinung, daß die Summe dieser komplizierten Primär- und Sekundärschwingung (in der dort gebrauchten Bezeichnung $\alpha + \beta$; s. S. 173) eine gewöhnliche gedämpfte Sinus-Schwingung vollführt. Nun besitzt die Projektionsvorrichtung (s. S. 163) einen Schreibstift, dessen Ausschlag vermöge seiner Anbringung am Gestänge die halbe Summe von Primär- und Sekundär-Ausschlag darstellt. Es ist zu demonstrieren,

daß dieser Schreibstift zwischen seinen beiden Nachbarn, die gleichzeitig Schwebungen aufschreiben, eine Sinus-Schwingung vollführt. (Dasselbe könnte bei etwas anderer Konstruktion des Gestänges für die Differenz der Schwingungen gezeigt werden.)

Die Schwebungen der Primärschwingung bzw. der Sekundärschwingung können mathematisch dargestellt werden durch die Übereinanderlagerung zweier Sinus-Schwingungen benachbarter Frequenzen. Bei elektrischen Schwebungen spricht ein Wellenmesser auf jede einzelne dieser Sinus-Schwingungen gesondert an. Diese beiden einzelnen Sinusschwingungen können auch jede für sich angeregt werden. Die schnellere ergibt sich, wenn zur Anregung beiden Pendeln gleich große, entgegengesetzt gerichtete Ausschläge erteilt werden und sie dann gleichzeitig losgelassen werden. Die langsamere ergibt sich entsprechend bei gleich großen, gleich gerichteten Ausschlägen. Es ist zu demonstrieren, daß die Pendel trotz ihrer Koppelung bei diesen Arten der Anregung reine Sinusschwingungen ausführen, und zwar liegen diese beiden Frequenzen beiderseits der Frequenz des einzelnen

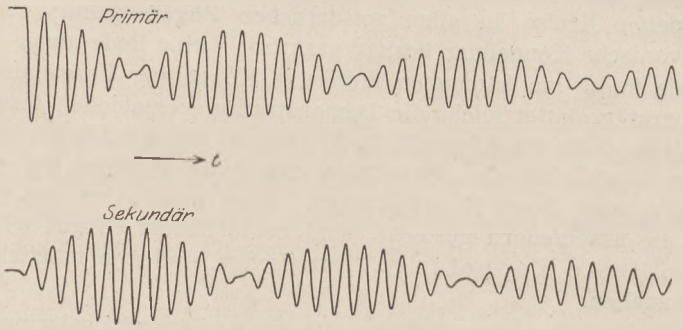


Fig. 3.

Pendels; diese beobachten wir bei festgehaltenem Sekundärpendel, entsprechend dem geöffneten Ausschalter im elektrischen Sekundärkreis (s. S. 173).

Praktikumsversuch: Aus den Frequenzen n_1 und n_2 der oben beschriebenen Einzelschwingungen ist die Frequenz n der Schwebung zu berechnen (nach der leicht zu beweisenden Beziehung $n = n_1 - n_2$). Diese ist mit der beobachteten Schwebung zu vergleichen (zweckmäßig mit nicht zu loser Koppelung auszuführen, damit nicht in $n_1 - n_2$ eine sehr kleine Differenz großer Werte auftritt).

Dieser mechanische Versuch gibt einen Fingerzeig dafür, wie auch in elektrischen gekoppelten Systemen selbst bei fester Koppelung reine Sinusschwingungen angeregt werden können. Dieser Fall tritt bei zwei gleichen gekoppelten Systemen auf, die beide gleichzeitig und gleich stark (z. B. durch eine gemeinsame Funkenstrecke) zum Schwingen angeregt werden; ein Wellenmesser zeigt, daß je nach dem Wickelungssinn der Koppelungsspulen entweder nur die schnellere oder nur die langsamere Schwingung auftritt. Liegt dagegen die Funkenstrecke nur in einem der beiden Kreise, so zeigt der Wellenmesser, daß in jedem der beiden Kreise beide Schwingungen gleichzeitig vorhanden sind.

c) Die Wien'sche Stoßerregung und der Braun'sche gekoppelte Sender. In einer Sendestation für drahtlose Telegraphie werden meist mehrere, auf gleiche Schwingungszahl abgestimmte Systeme, die jedoch sehr verschiedene Dämpfung besitzen, miteinander gekoppelt. Der Zweck dieser einzelnen Systeme soll durch die folgenden Demonstrationsversuche veranschaulicht werden. Wir wollen hier nur eine bestimmte Schaltung erläutern, den gekoppelten Sender mit Zwischenkreis erregt durch eine Löschfunkenstrecke (s. Fig. 4), weil sich bei dieser Schaltung die verschiedenen Vorgänge besonders deutlich unterscheiden lassen. Es kommt

für uns nicht darauf an, daß in der technischen Ausführung oft eine einfachere Schaltung gewählt wird.

Zunächst mögen die beiden Pendel dem Stoßkreis und dem Zwischenkreis entsprechen, also den Kreisen I und II der Fig. 4. Stoßerregung kommt in zwei mäßig fest gekoppelten, elektrischen Kreisen dadurch zustande, daß die Löschfunkenstrecke ihre Leitfähigkeit verliert, sobald die Schwingungsenergie im Primärkreis zum erstenmal auf Null herabgesunken ist (1. Schwebung). Alsdann schwingt der Sekundärkreis mit seiner geringen Eigendämpfung aus, da der Primärkreis unterbrochen, also abgeschaltet ist. Ein mechanisches Bild hiervon gibt folgender Demonstrationsversuch: Das Primärpendel (etwas gedämpft entsprechend der Funkenstrecke, mäßig fest gekoppelt mit dem schwach gedämpften Sekundärpendel) wird angestoßen. Im Augenblick der ersten Schwebung, wenn die Primärenergie Null wird, wird das Primärpendel festgehalten (entsprechend dem Abreißen des Funkens). Von jetzt ab schwingt das Sekundärpendel mit seiner geringen Eigendämpfung aus. Damit wird der Zweck der Wienschen Stoßerregung anschaulich: sie ermöglicht ein kräftiges Anstoßen eines Schwingungskreises, ohne daß jedoch in den Kreis selbst eine Funkenstrecke eingeschaltet ist.

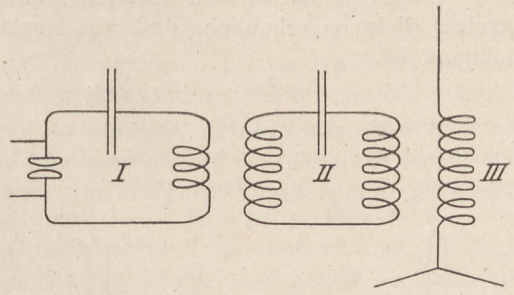


Fig. 4.

Warum kann es zweckmäßig sein, mit dem Stoßkreis nicht unmittelbar den Antennenkreis, sondern zunächst einen geschlossenen Zwischenkreis anzustoßen? Der Antennenkreis besitzt Dämpfung durch seine Strahlung (nützliche Dämpfung). Wenn wir ihn deshalb durch eine direkt eingeschaltete Funkenstrecke anregen (Marconisender), entsteht eine schnell abklingende Schwingung, die eine scharfe Abstimmung des Empfängers und damit störungsfreien Empfang nicht zuläßt. Demonstriert wird der Marconisender einfach durch Anstoßen eines stark gedämpften Pendels. Im Antennenkreis rufen wir jedoch nach Braun trotz seiner Eigendämpfung eine sehr schwach gedämpfte Schwingung hervor, wenn wir ihn durch lose Koppelung mit einem schwach gedämpften Primärkreis anregen. Hierzu benutzen wir den vorher besprochenen „Zwischenkreis“ II (s. Zenneck, S. 209). Zur Demonstration dieses Vorganges sollen unsere beiden Pendel nunmehr die Kreise II und III, also Zwischenkreis und Antennenkreis, darstellen. Der Primärkreis (derselbe Zwischenkreis, der vorhin die Rolle des Sekundärkreises spielte), sei sehr schwach gedämpft, mit ihm lose gekoppelt ein stärker gedämpfter Sekundärkreis. Bei kräftigem Anstoßen des Primärkreises gerät auch der Sekundärkreis bald in sehr schwach gedämpfte Schwingungen. Hiermit ist einer der wesentlichen Vorzüge des Braunschen Senders, schwache Dämpfung und damit große Abstimmschärfe, zur Anschauung gebracht. (Dies ist jedoch nicht sein einziger Vorzug.)

Dieser Versuch zeigt weiter, daß bei loser Koppelung allerdings nur sehr wenig Energie vom Primärsystem in das Sekundärsystem übergeht. Um sekundär, d. h. in der Antenne, stärkere Energie zu bekommen, ist festere Koppelung erforderlich (s. Zenneck, S. 210). Die Schwingungen, die dann auftreten, zeigt folgender Demonstrationsversuch: Wieder sei das Sekundärpendel entsprechend der Strahlungsdämpfung der Antenne gedämpft, das Primärpendel sehr schwach gedämpft. Die Koppelung sei nunmehr auf $^2/_3$ Federlänge von den Pendeln entfernt. Nach Anstoßen des Primärpendels gerät zwar das Sekundärpendel in stärkere Schwingungen als bei loser Koppelung; es überlagern sich jedoch in beiden Pendeln zwei Schwingungen von annähernd gleicher Schwingungsdauer, die sich durch deutliche Schwebungen bemerkbar machen. Liegen diese beiden Einzelschwingungen nahe beieinander, so

müssen wir den Nachteil geringer Abstimmschärfe mit in Kauf nehmen. Wenn sie dagegen weit auseinander liegen (feste Koppelung), so können wir zwar den Empfänger auf eine einzelne dieser Schwingungen scharf abstimmen; dafür aber tritt der Nachteil auf, daß die gesamte Energie des Senders sich auf zwei Schwingungen verteilt, von denen nur die eine auf den Empfänger wirkt.

Praktisch ist in den meisten Fällen die Strahlungsdämpfung des Antennenkreises nicht so erheblich, daß die umständliche Verwendung eines Zwischenkreises lohnend ist.

3. Demonstration Lissajous'scher Figuren.

Wir können unseren Apparat noch zu einem ganz anderen Zweck verwenden als bisher, nämlich zur Herstellung und zur Demonstration Lissajousscher Figuren. Diese Figuren stellte Lissajous mit zwei Stimmgabeln her, auf denen kleine Spiegel befestigt sind. Ein dünner Lichtstrahl wird nacheinander von diesen Spiegeln reflektiert und fällt dann auf einen Projektionsschirm. Die Schwingungsebenen der Stimmgabeln stehen aufeinander senkrecht. Die Anordnung ist so getroffen, daß beim Schwingen des einen Spiegels der Lichtstrahl in horizontaler Richtung auf dem Schirm mitschwingt, beim Schwingen des anderen Spiegels in vertikaler Richtung. Schwingen gleichzeitig beide Spiegel, so lagern sich diese beiden aufeinander senkrechten Schwingungen des Lichtpunkts übereinander. Die so entstehenden Kurven untersuchte Lissajous.

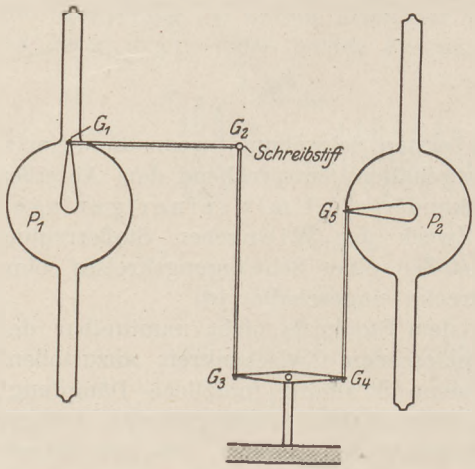


Fig. 5. ($^1/_{10}$ nat. Gr.)

Wir benutzen zur Herstellung der Sinusschwingungen an Stelle der Stimmgabeln die beiden Pendel. Ihre Schwingungen dienen uns in diesem Fall also im wesentlichen zur Darstellung geometrischer Gesetze. Die Aufgabe, einen Schreibstift vor der berußten Glasplatte entsprechend dem beschriebenen Lichtpunkt schwingen

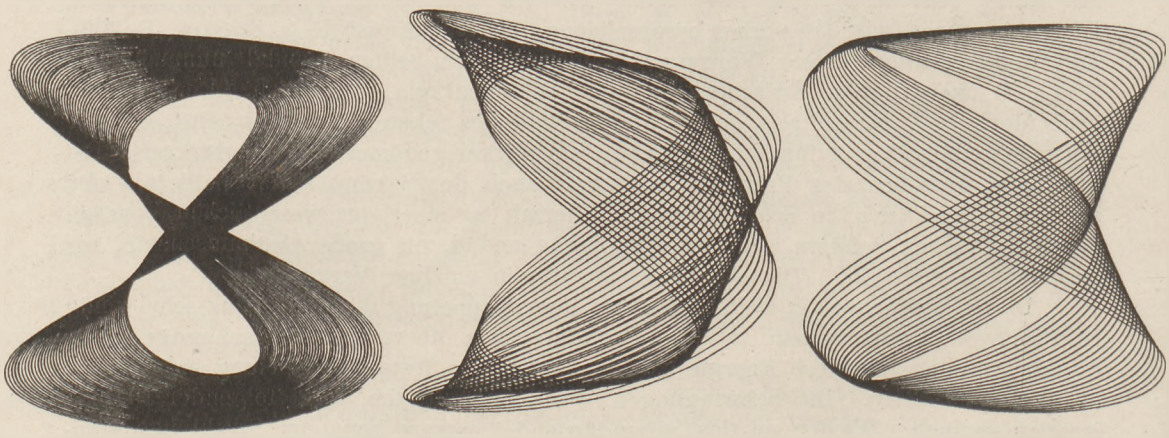


Fig. 6.

zu lassen, lösen wir durch die im folgenden beschriebene Konstruktion (s. Fig. 5; auf Fig. 1 ist diese Koppelung und außerdem die andere, auf S. 162 beschriebene Koppelung g abgebildet, obwohl immer nur die eine oder die andere anzuwenden

ist). Auf der Achse des Pendels P_1 ist ein vertikaler Hebelarm befestigt; er überträgt durch das Gelenk G_1 und durch die horizontale Stange $G_1 G_2$ bei einer kleinen Pendelschwingung eine horizontale Schwingungsbewegung auf den Schreibstift, der am Gelenk G_2 befestigt ist. Die Achse des Pendels P_2 trägt entsprechend einen horizontalen Hebelarm. Durch das Gelenk G_5 und über den zweiarmigen Hebel $G_3 G_4$ [1]) erteilt dieser Arm bei Schwingung des Pendels P_2 dem Schreibstift bei G_2 eine vertikale Schwingungsbewegung. Infolgedessen gräbt der Schreibstift in die berußte Glasplatte, die sich bei diesem Versuch nicht bewegt, eine Lissajoussche Schwingungsfigur ein. Beim Abklingen der Pendelschwingungen werden immer weitere Figuren in allmählich abnehmendem Maßstab eingegraben. Einfache Figuren ergeben sich für das genaue Schwingungsverhältnis 1 : 2 (s. Fig. 6). Für verschiedene Phasenverschiebungen ergeben sich sehr verschiedene Figuren. Es kommt hierbei sehr auf genaue Abstimmung des Schwingungsverhältnisses an. Dies ist erfüllt in Fig. 6a. Ist dagegen dies Verhältnis nur nahezu einfach rational, so ändert sich im Lauf mehrerer Schwingungen allmählich die Phasenverschiebung der beiden Koordinaten (Fig. 6b und c). Durch eine Reihe von Versuchen lassen sich sehr mannigfaltige, außerordentlich schöne Figuren herstellen.

III. Anhang: Theorie des Apparates.

Im folgenden soll nicht eine allgemeine Schwingungstheorie gegeben werden; es sollen vielmehr lediglich Besonderheiten des vorliegenden Apparates kurz erläutert werden.

1. Das einzelne schwingende System.

Θ Trägheitsmoment des Pendels
R Bremsmoment pro Winkelgeschwindigkeit 1
F Direktionskraft bei Federlänge 1
α momentaner Ausschlag des Pendels
α' Winkelgeschwindigkeit des Pendels
γ momentaner Ausschlag des Klemmklotzes
a Amplitude des Pendels
g Amplitude des Klemmklotzes
L Länge der Flachfeder
l Abstand des Koppelungsgestänges vom Klemmklotz

Das Pendel werde angeregt durch eine vom Motor hergestellte, periodische Drehung des Klemmklotzes, in komplexer Ausdrucksweise: $\gamma = g \cdot e^{i\omega t}$ (s. den Versuch von S. 165). Auf das Pendel wirkt dann in jedem Augenblick das elastische Drehmoment

$$\frac{F}{L}(\alpha - \gamma) = \frac{F}{L}\alpha - \frac{F}{L} g\, e^{i\omega t}.$$

Die Differentialgleichung der Pendelschwingung heißt also

$$\Theta \frac{d^2\alpha}{dt^2} + R \frac{d\alpha}{dt} + \frac{F}{L}\alpha = \frac{F}{L} g\, e^{i\omega t}.$$

Die periodische Bewegung des Klemmklotzes wirkt also genau wie im elektrischen Kreis eine periodische, induzierte E. M. K.; denn hierfür gilt eine Gleichung derselben Form.

Aus dieser Gleichung läßt sich durch längere Rechnung die Gleichung der Resonanzkurve ableiten (Pendelamplitude a als Funktion der aufgeprägten Frequenz ω):

$$a = \frac{\frac{F}{L} g}{\omega \sqrt{R^2 + \left(\omega\Theta - \frac{F}{\omega L}\right)^2}}$$

entsprechend dem „Ohmschen Gesetz für Wechselstrom“ (s. oben S. 165); die Amplitude a des Pendels hat also ein Maximum nahezu für $\omega^2 = \frac{F}{L} \cdot \frac{1}{\Theta}$ (Resonanz). Aus

[1]) Die Stange $G_2 G_3$ spielt zwischen den zurückgeklappten drei Schreibstiften (s. S. 162) und der berußten Glasplatte. Es sind nur kleine Pendelschwingungen zu benutzen.

der Resonanzkurve läßt sich das logarithmische Dekrement ϑ ableiten:

$$\vartheta = 2\pi \frac{n_r - n}{n_r} \sqrt{\frac{a^2}{a_r^2 - a^2}}$$

(n = sekundliche Schwingungszahl; s. die Dämpfungsmessung auf S. 166).

An Stelle dieser Gleichung, die eine Annäherung enthält, ist bei starker Dämpfung für die weit von der Resonanzstelle entfernten Punkte die genauere anzuwenden:

$$\vartheta = 2\pi \frac{n_r^2 - n^2}{n\, n_r} \sqrt{\frac{a^2}{a_r^2 - a^2}}$$

Daß in unserem Versuch nicht wie bei Zenneck (S. 137) die Summe zweier Dekremente auftritt, rührt daher, daß wir das Pendel mit einer ungedämpften Schwingung angeregt haben.

Eine genaue Analogie der elektrischen und der mechanischen Größen erhalten wir, wenn wir die angegebene Differentialgleichung nach t differenzieren:

$$\Theta \frac{d^2\alpha'}{dt^2} + R \frac{d\alpha'}{dt} + \frac{F}{L}\alpha' = \frac{F}{L} g\, i\, \omega\, e^{i\omega t}$$

Die Gleichung der elektrischen Schwingung heißt mit den üblichen Bezeichnungen:

$$\frac{L}{c^2}\frac{d^2 I}{dt^2} + W \frac{dI}{dt} + \frac{I}{C} = E_0\, i\, \omega\, e^{i\omega t}$$

Es entsprechen sich also:

Mechanisch	α'	Θ	R	$\frac{F}{L}$	$\frac{F}{L} \cdot g$
Elektrisch	I	$\frac{L}{c^2}$	W	$\frac{1}{C}$	E_0

(Hierzu vgl. den Versuch von S. 165).

2. Theorie der benutzten Koppelung.

Entsprechend den Versuchen von S. 166 ff. mögen beide Pendel ohne periodische, anregende Kraft schwingen. Wir beschränken uns auf den Fall, daß für beide Pendel die gleichen Apparatkonstanten Θ, R, F und L gelten; das ist ja auch für die wichtigsten unserer Versuche erfüllt. Das Koppelungsgestänge sei aufgesetzt. Wie wirkt diese Koppelung? In einem bestimmten Augenblick seien die Pendel um die Winkel α bzw. β abgelenkt. Ist der Ausschlag beider Pendel dauernd der gleiche, also $\alpha = \beta$, so wird durch das Gestänge keine Kraft übertragen. Sonst tritt ein elastisches Drehmoment auf, das um so größer ist, je mehr α und β sich unterscheiden, für das wir also den Ansatz $K \cdot (\alpha - \beta)$ machen können. (Eine strengere Rechnung ergibt für diesen Proportionalitätsfaktor leicht den Wert $K = \frac{F \cdot l}{2L(L-l)}$)

Für jedes Pendel gilt also wieder die auf S. 171 genannte Differentialgleichung nur mit dem Unterschied, daß an Stelle des „aufgeprägten", anregenden Drehmoments dies Drehmoment der Koppelung eintritt. So erhalten wir für unseren Schwingungsvorgang das Gleichungspaar

$$\Theta \frac{d^2\alpha}{dt^2} + R \frac{d\alpha}{dt} + \frac{F}{L}\alpha + K(\alpha - \beta) = 0$$

$$\Theta \frac{d^2\beta}{dt^2} + R \frac{d\beta}{dt} + \frac{F}{L}\beta - K(\alpha - \beta) = 0$$

Diese Gleichungen haben völlig dieselbe Form wie die Differentialgleichungen zweier elektrischer, kapazitiv gekoppelter Systeme [s. Zenneck, S. 492, Gleichung (3)]. Damit ist bewiesen, daß unser Apparat solche elektrischen Schwingungen in jeder Hinsicht richtig darstellt (vgl. S. 167).

Wie verhalten sich daneben zwei induktiv gekoppelte Systeme? Zunächst könnte es scheinen, als ob die Schwingungen in unseren Versuchen nur zufällig ähnlich aussehen wie die Schwingungen bei induktiver Koppelung. Für einen zuverlässigen Vergleich müssen wir die Schwingungen unseres Apparates durch Integration der letzten Gleichungen ausrechnen. Das mathematische Verfahren ist ganz dasselbe, das für den Fall der induktiven Koppelung von Clemens Schäfer[1]) dargestellt ist. Unter Fortlassung aller mathematischen Einzelheiten sei hier nur folgendes Ergebnis mitgeteilt: Für α und β ergibt die vollständige Durchführung der Integration Ausdrücke von fast genau derselben Form wie sie sich für den Fall der induktiven Koppelung ergeben. (Der einzige, jedoch völlig unwesentliche Unterschied besteht darin, daß bei induktiver Koppelung die beiden einzelnen Schwingungen verschieden starke Dämpfung haben; bei unserem Apparat sind sie dagegen gleich stark gedämpft.) Damit ist bewiesen, daß die mit unserem Apparat angestellten Versuche von S. 167 ff. in den wesentlichen Zügen ein zuverlässiges Bild darstellen auch von den Schwingungen induktiv gekoppelter Systeme.

Insbesondere lassen sich aus den Gleichungen die folgenden, durch unsere Versuche zu prüfenden Erscheinungen mathematisch ableiten: In der Bewegung eines jeden Pendels lagern sich zwei gedämpfte Sinusschwingungen übereinander, von verschiedener Schwingungszahl $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{\Theta}\cdot\frac{F}{L}}$ und $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{\Theta}\cdot\left(\frac{F}{L}+2K\right)}$. Dies sind die beiden Schwingungen, die wir in dem Versuch von S. 167 f. zunächst als Schwebung, dann aber auch beide einzeln beobachten konnten. Von diesen Schwingungszahlen liegt die eine etwas höher, die andere etwas tiefer als die Schwingungszahl des einzelnen Systems (d. h. bei festgehaltenem Sekundärsystem), für die wir $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{\Theta}\cdot\left(\frac{F}{L}+K\right)}$ erhalten. Je fester die Koppelung ist, also je größer K, um so weiter rücken diese Schwingungszahlen auseinander. Die Summe der beiden Schwingungen $\alpha+\beta$, wie auch ihre Differenz $\alpha-\beta$ führt nach den Gleichungen eine gewöhnliche, gedämpfte Sinusschwingung aus entsprechend dem Versuch von S. 167.

Da Θ, F, L und l Apparatkonstanten sind und da K oben durch diese Konstanten ausgedrückt ist, können wir alle hier auftretenden Schwingungszahlen voraus berechnen, sobald wir einmal die Apparatkonstanten mit Zentimetermaß und Wage festgestellt haben.

[1]) Einführung in die Maxwellsche Theorie, Leipzig 1908, S. 124.

Experimentalchemie und physikalische Chemie[1]).

Von Professor Dr. **Alfred Stock** in Berlin-Dahlem (Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie).

Ist es heute noch angemessen und zweckmäßig, zwischen „Experimentalchemie“ und „physikalischer Chemie“ zu unterscheiden? Oder sind die einst unzweifelhaften Grenzen zwischen den beiden Gebieten nicht schon so weit verwischt, daß man nur noch von „Chemie“ schlechthin reden sollte? Der mit chemischen Dingen Vertraute ist nicht im Zweifel, was die beiden Worte bedeuten.

Die physikalische Chemie, auch theoretische oder allgemeine Chemie, bildet, wie es der erste, bezeichnendste Name ausdrückt, die Brücke zwischen den Schwesterwissenschaften Chemie und Physik. Sie wendet die experimentellen und theoretisch-mathematischen Methoden der Physik auf chemische Probleme

[1]) Nach einem für die Gründungsversammlung der Emil Fischer-Gesellschaft zur Förderung chemischer Forschung bestimmten Vortrag; im wesentlichen bereits in der Zeitschrift für angewandte Chemie veröffentlicht.

an. Sie bestimmt die für ihre Zwecke wichtigen physikalischen Eigenschaften der Stoffe; sie sucht die bei chemischen Vorgängen geltenden Gesetzmäßigkeiten und mathematischen Beziehungen zu ergründen, den Ablauf chemischer Reaktionen durch die entdeckten Gesetze aufzuklären und ihn auf möglichst wenige „fundamentale" (physikalische) Eigenschaften der Materie zurückzuführen. Spekulationen über chemische Dinge, die der unmittelbaren Beobachtung nicht zugänglich sind, wie z. B. über den Bau der Materie, gehören zu ihren vornehmsten Aufgaben. Der einzelne chemische Stoff ist der physikalischen Chemie in der Regel nur Mittel zu anderen Zwecken. Die Schwierigkeiten, welche die eigentlich chemische Behandlung der Stoffe (Darstellung, Reinigung, Analyse) verursacht, sind dem Physikochemiker fast immer eine, oft recht lästig empfundene Nebensache.

Die Experimentalchemie dagegen beschäftigt sich mit dem „Stoff an sich" und seinen chemischen Umsetzungen. Sie ist die „Stoffchemie" mit den Teilgebieten der „präparativen" und „analytischen" Chemie. Ihre Ziele sind: Erforschung der Verbindungsmöglichkeiten der Materie auf dem Wege des praktischen chemischen Versuchs, Ausarbeitung von Verfahren zur Darstellung, Reinigung und Analyse der Stoffe. Sie liefert das chemische Material für die physikalische Chemie, für die Zwecke der Industrie, der Medizin usw. Ihr Handwerkszeug sind die eigentlich chemischen Arbeitsverfahren, zum Teil alt, wie Kristallisieren, Filtrieren, Destillieren, Sublimieren, neuerdings sehr verfeinert durch die Fortschritte der Experimentierkunst, durch die Erschließung höchster und niedrigster Temperaturen und Drucke, durch die Anwendung verschiedenster Energieformen in Gestalt von Elektrizität, aller möglichen Strahlungen u. dgl. m. Die Experimentalchemie verlangt eine oft höchst mühselige, geduldige Kleinarbeit, manche gleichsam handwerksmäßige praktische Erfahrung und Geschicklichkeit.

Selbstverständlich sind nun der Physikochemiker und der Experimentalchemiker nicht etwa zwei grundverschiedene Abarten des homo sapiens.

Der wahre Physikochemiker darf, wie sein Name schon sagt, nicht allein Physiker, sondern er muß auch Chemiker, d. h. mit der chemischen Experimentierkunst im engeren Sinne und mit der Stoffchemie einigermaßen vertraut sein. Sonst wird er häufig Mißerfolge zu verzeichnen haben: er wird z. B. seinen Messungen nicht genügend einheitliche Präparate zugrundelegen, unreine Reagentien anwenden oder aus Mangel an Erfahrung chemische Erscheinungen übersehen.

Andererseits muß auch der Experimentalchemiker die Hauptergebnisse, Gesetze und Methoden der physikalischen Chemie kennen, wenn er auf der Höhe seiner Aufgabe stehen und sich zeitraubende empirische Arbeit ersparen will, wo er sich von der Theorie führen lassen kann.

Wie alle Naturwissenschaften hat die Chemie empirisch begonnen und ist lange ganz überwiegend empirisch geblieben. Kant, der bekanntlich „in jeder besonderen Naturlehre nur soviel eigentliche Wissenschaft" sehen wollte, „als darin Mathematik anzutreffen ist", urteilte: „So kann Chemie nichts mehr als systematische Kunst oder Experimentallehre, niemals aber eine eigentliche Wissenschaft werden, weil die Prinzipien derselben bloß empirisch sind und keine Darstellung a priori in der Anschauung erlauben, folglich die Grundsätze chemischer Erscheinungen ihrer Möglichkeit nach nicht im mindesten begreiflich machen, weil sie der Anwendung der Mathematik unfähig sind."

Kant meinte also, die Chemie werde aus dem Zustande der Empirie, des „Herumprobierens", niemals herauskommen. Hierin hat er sich freilich getäuscht. Schon bald, nachdem er die angeführten Äußerungen getan, erkannte man, daß auch die chemischen Erscheinungen von gewissen streng giltigen, den ehernen Grundgesetzen der Astronomie und Physik durchaus vergleichbaren Gesetzmäßigkeiten beherrscht werden. Und seitdem hat die „physikalische Chemie" in der theoretisch-mathematischen Behandlung chemischer Probleme immer schnellere Fortschritte gemacht und

sich in dieser Beziehung der Physik mehr und mehr genähert. Allerdings die Physik bis heute noch lange nicht erreicht! Die allgemeinen theoretischen Grundlagen der Physik sind so weit ausgebildet, daß sich der einzelne praktische Fall aus ihnen meist rechnerisch ableiten läßt. So ist man z. B. für die Konstruktion einer Brille bestimmter Eigenschaften nicht darauf angewiesen herumzuprobieren, sondern die Brille „wird berechnet" und gemäß der Berechnung mit der beabsichtigten Wirkung angefertigt. Und ähnlich liegt es bei der Konstruktion eines Hebezeuges, einer Orgelpfeife, einer Dampfmaschine, eines elektrischen Motors. Die „Empirie" ist weitgehend ausgeschaltet. Ganz anders in der Chemie! Läßt man wenige besonders einfache Fälle außer Betracht, so sind die bei chemischen Erscheinungen maßgebenden Faktoren so zahlreich und bis heute der theoretisch-rechnerischen Behandlung noch so unvollkommen zugänglich, daß die „Vorausberechnung" eines chemischen Vorganges höchst selten möglich ist. Der in der Wissenschaft oder in der Industrie arbeitende Chemiker braucht neben theoretischem Wissen eine nur durch experimentelle Übung zu erreichende praktische Erfahrung und chemisches „Gefühl", das ihn noch leitet, wo die Theorien versagen. Der chemische Theoretiker ist noch ebenso wenig ein praktisch brauchbarer Chemiker wie der Absolvent der Handelshochschule ein guter Kaufmann.

Experimentalchemie und physikalische Chemie haben also auch heute noch jede ihre besondere Bedeutung. Ja, es empfiehlt sich sogar aus gewissen, hier noch kurz zu besprechenden Gründen, ihre Unterschiede nicht zu verwässern, sondern sie eher zu betonen und mit voller Deutlichkeit zu berücksichtigen.

Zunächst: Schöpferische Beschäftigung mit der physikalischen und Experimentalchemie erfordert verschiedenartige Neigung und Veranlagung. Zum Physikochemiker gehören: Freude am Theoretischen, Spekulativen, mathematische Begabung, eine sich über das Einzelne erhebende, die allgemeinen Zusammenhänge suchende Intuition, eine bewegliche Phantasie. Der Experimentalchemiker braucht vor allem: Freude am Stoff und an der technischen und präparativen Arbeit, „Stoffgedächtnis", Lust und Fähigkeit, sich auch einmal unter Hintansetzung allgemeinerer Gesichtspunkte einer beschränkten experimentellen Aufgabe geduldig und unverdrossen zu widmen; er braucht weiter apparatives Geschick, Beobachtungsgabe, instinktives Gefühl für die Unterscheidung zwischen wesentlichen und unwesentlichen Beobachtungen, für die Verknüpfung des Neuen mit früher Gesehenem; daneben natürlich auch ein gewisses Maß Phantasie, die ihn zu nützlichen Aufgaben anregt.

Daß es sich in der Tat um zwei recht verschiedene Arten natürlicher Veranlagung handelt, kann niemandem zweifelhaft sein, der Erfahrung in der Ausbildung von Chemikern besitzt. Hervorragende Talente sind auf beiden Gebieten selten. Noch seltener natürlich die Bevorzugten, welche beide Begabungen in sich vereinigen. Überaus bezeichnend für den Unterschied der beiden Richtungen erscheint mir ein Wort, das ich einmal einen Physikochemiker über Emil Fischer, den Meister der Experimentalchemie, sagen hörte. Es lautete etwa: „Emil Fischer ist weniger ein Naturwissenschaftler im Helmholtzschen Sinne als vielmehr ein Künstler." „Im Helmholtzschen Sinne" bedeutet ungefähr dasselbe wie „im Sinne der oben angeführten Kantschen Sätze". Treffend wird hier zum Ausdruck gebracht, daß in der Experimentalchemie außer Wissenschaft auch viel Kunst, d. h. auf Anlage und Ausbildung beruhendes praktisches Können stecken muß. Für die Förderung der praktischen Chemie sind die „Künstler" vom Schlage Emil Fischers noch heute nicht weniger wichtig als die Physikochemiker Helmholtzscher Richtung.

Leider wird dieser Sachlage, zum Schaden unserer Chemie, beim chemischen Unterricht vielfach zu wenig Rechnung getragen. Schon auf den Schulen. Den Chemieunterricht erteilen, wenigstens in Preußen, oft die Lehrer, welche auch Mathematik- und Physikstunden geben und deren Neigungen und Kenntnisse nach der mathematisch-physikalischen Seite gehen. Dadurch bekommt der Unterricht

allzuoft ein ausgesprochen theoretisch-mathematisches Gepräge, statt danach zu streben, in den Schülern praktisch-chemischen Sinn und Verständnis für die ungeheure praktische Bedeutung der Chemie zu wecken. Derselbe Fehler haftet fast allen Chemie-Schulbüchern an. Der allgemein erzieherische Nutzen, den der Schulchemieunterricht stiften soll und kann, liegt hauptsächlich auf dem Gebiete der Experimentalchemie: Schärfung der Sinne und der Beobachtungsgabe, Erkennung des Gesetzmäßigen auch dort, wo es durch die Fülle der Erscheinungen verschleiert ist, technische Geschicklichkeit im Umgehen mit Stoffen, Werkzeug und Apparaten, Erziehung zu schnellem Entschlusse bei unvorhergesehenen Ereignissen, wie sie beim Experimentieren häufig auftreten, u. dgl. m. Für die mathematisch-theoretische Behandlung einer Wissenschaft hat die Schule in der Physik einen weit geeigneteren Gegenstand als in der Chemie. Bei dieser müssen die praktisch-experimentellen Gesichtspunkte immer im Vordergrund stehen, bei Übungen nicht minder als im mündlichen Unterricht. Auch in den Übungen könnten noch weit mehr Versuche angestellt werden, welche die praktische Bedeutung der Chemie beleuchten, als da sind: Löten, Kitten, Backen, Herstellen eines Gipsabgusses, eines galvanoplastischen Abdruckes, Arbeiten mit keramischem Material, mit Mörtel, Zement, Färbe- und Beizversuche, Fleckenbeseitigung, Versuche über die Erfolge künstlicher Düngung, über die Härte des Wassers usw. usw. So etwas ist für den Schulunterricht wichtiger als qualitative Analysen, Leitfähigkeitsmessungen, Gasdichtebestimmungen und derartiges. Selbstverständlich sollen auch jene Versuche in wissenschaftlichem Geiste behandelt und verwertet werden.

Der Hochschulunterricht muß sich ebenfalls hüten, die experimentelle Ausbildung der Chemiestudierenden gegenüber der theoretischen zu vernachlässigen. Es gilt für ihn, die Veranlagung beiderlei Art in den Studierenden möglichst zu entwickeln. Jeder junge Chemiker muß zunächst durch die mühseligen, enttäuschungsreichen, aber so heilsamen Semester der Analysen und Präparate, des Kleinkampfes gegen die Tücke des Objekts, hindurch. Wie die Erfahrung zeigt, ist es wenig empfehlenswert, der Theorie, der physikalischen Chemie von vornherein im Unterricht einen bevorzugten Platz einzuräumen. Der Studierende verliert dadurch leicht das Interesse an der experimentell-chemischen Kleinarbeit. Auch erleichtert ihm die Kenntnis chemischer Stoffe später das Verständnis der physikalischen Chemie beträchtlich. Natürlich soll der Chemiker auf der Hochschule im Laufe seines Studiums auch mit allem Werkzeug der physikalischen Chemie ausgerüstet werden. Die Grundlage muß aber die Ausbildung in der Experimentalchemie bleiben, wie sie es bei uns in Deutschland bisher überall war. So verlangt es schon das Interesse der Industrie, welche ja die meisten Hochschulchemiker aufnimmt. Sie braucht vor allem Experimentalchemiker mit reicher Erfahrung und offenen Augen. Die theoretische Chemie hat bis heute zu der hervorragenden Entwickelung unserer chemischen Industrie unmittelbar nur verhältnismäßig wenig beitragen können. Auf den Wegen der Empirie ist die große Mehrzahl der technisch wichtigen chemischen Verfahren, der Farbstoffe, Heilmittel usw. entstanden. Selbstverständlich wird die Experimentalarbeit durch die Erkenntnisse der physikalischen Chemie immer mehr befruchtet und erleichtert. Aber auch in Fällen, wo man sagen darf, daß der Keim eines technischen Verfahrens physikalisch-chemischer Art ist, wie etwa bei dem Ammoniak-Verfahren Habers, ist die industrielle Entwickelung dieses Keimes zum fruchttragenden Baum nur möglich gewesen durch die Hilfeleistung einer Schar bestens experimentalchemisch geschulter Mitarbeiter.

Für die wissenschaftliche Chemie besitzt die Experimentalchemie keine geringere Bedeutung. Die physikalische Chemie selbst hat das größte Interesse daran, daß ihre Jünger zunächst recht gründlich experimentalchemisch ausgebildet werden. Sie müssen auch die Methoden der Chemie beherrschen, wenn sie das Land zwischen Chemie und Physik bearbeiten wollen. Weite Gebiete der Chemie

gehören heute noch fast ganz der Experimentalchemie. Die empirischen Methoden bilden noch immer das hauptsächliche Werkzeug zur Vervollkommnung der präparativen und analytischen Technik, zur Urbarmachung neuer Arbeitsfelder. Unsere chemisch-theoretische Erkenntnis ist nun einmal noch nicht so weit fortgeschritten, daß man auf die Empirie verzichten könnte. Dies gilt besonders für die organische Chemie, die substanzreiche Chemie der Kohlenstoffverbindungen, aber auch für die anorganische Chemie. Für letzteres nur ein Beispiel: Keine Theorie ließ die merkwürdigen, in mannigfacher Hinsicht interessanten Reaktions- und Verbindungsverhältnisse des Elementes Bor voraussehen, welche experimentalchemisch aufgedeckt wurden.

Es wurde schon gesagt, daß es sich nicht empfiehlt, die Grenzen zwischen physikalischer Chemie und Experimentalchemie zu verwischen. Einmal hinsichtlich der Personen: Zum Physikochemiker taugen nur Persönlichkeiten mit ausgesprochener Begabung in physikalisch-mathematischer Richtung; diesen wird aber meist das Interesse für die chemisch-experimentelle Kleinarbeit abgehen oder im Laufe der Zeit abhanden kommen. Dann aber auch hinsichtlich der Laboratorien: Experimentalchemie und physikalische Chemie haben verschiedene praktische Bedürfnisse. Jene benötigt das eigentlich chemische Handwerkszeug, Chemikalien, Glasapparate; daneben verhältnismäßig einfache Meßinstrumente und Hilfsvorrichtungen zur Erzeugung von Elektrizität, verschiedener Temperaturen usw. Für die physikalische Chemie ist das feinste Rüstzeug der heutigen Physik unentbehrlich. Allein die Empfindlichkeit der teueren physikalischen Instrumente gegenüber der säurehaltigen Luft experimentalchemischer Arbeitsstätten zwingt dazu, die Laboratorien für physikalische Chemie und Experimentalchemie räumlich zu scheiden.

Sind auch Experimentalchemie und physikalische Chemie zwei verschiedene Arbeits- und Lehrrichtungen, so gehören sie doch aufs engste zusammen. Hand in Hand, ihre gegenseitigen Fortschritte beobachtend und benutzend, müssen sie an der gemeinsamen großen Aufgabe arbeiten, die Grenzen unseres chemischen Wissens und Könnens immer weiter hinauszurücken. Sie müssen einander verstehen und würdigen. So mancher Experimentalchemiker denkt zu gering von der Theorie. Mehr noch neigt der Physikochemiker dazu, den Wert der mühseligen und oft entsagungsvollen Experimentalarbeit zu unterschätzen. Die Lerche, die, von den Trillern ihres Liedes begeistert, höher und höher in den Himmel steigt, verachtet das Getier, das an den Boden gebunden ist! Es liegt in der Natur der Dinge, daß die leichtbeschwingte Theorie oft sprunghaft größere Fortschritte macht als das Schritt für Schritt vorgehende Experiment. Dafür steht eine neue experimentelle Tatsache für alle Zeiten fest. Die Theorien werden, bald früher, bald später, von anderen abgelöst.

Einige Versuche und Bemerkungen zum Bleikammerprozeß.

Von Studienrat Dr. **G. Gruber** in Königsberg i. Pr.

Mir erscheint es ratsam, den Bleikammerprozeß nicht gleich im ganzen an einem der empfohlenen Apparate vorzuführen und daran die Beschreibung der Hauptteile der Fabrik und die der betreffenden Vorgänge anzuschließen, sondern vorher an geeigneter Stelle, z. B. bei der Durchnahme des Schwefeldioxyds, oder durch eigens angestellte Versuche dem Verständnis des schwierigen Prozesses vorzuarbeiten und die verschiedenen Vorgänge klar zur Anschauung zu bringen.

Den Ausgangspunkt bildet der Nachweis, daß beim Hindurchleiten von Schwefeldioxyd durch Chlorbariumlösung nichts wahrzunehmen ist, jedoch beim Stehenlassen der Lösung eine Trübung eintritt und daß in der wässerigen Lösung von Schwefeldioxyd sich nach einigen Tagen, besser Wochen Schwefelsäure vorfindet. So wird die Gleichung (Grundgleichung der Schwefelsäurebildung) gewonnen: $SO_2 + H_2O + O = H_2SO_4$.

Ist die darin enthaltene Auffassung richtig, so muß beim Zusammenbringen einer abgemessenen Sauerstoffmenge mit konz. Schwefeldioxydlösung ein Teil des Sauerstoffs allmählich verbraucht werden. Um dies zu zeigen, füllt man eine Meßröhre von etwa 80 ccm Inhalt mit frisch bereiteter konz. Schwefeldioxydlösung, bringt sie umgekehrt in eine kleine Schale mit Schwefeldioxydlösung als Sperrflüssigkeit und leitet eine bestimmte Menge Sauerstoff hinein. Man läßt die Vorrichtung einige Tage stehen und überzeugt sich, wie die Sauerstoffmenge nach und nach, zuerst mehr, dann weniger, abnimmt. Bei einem Versuch, bei dem 40 ccm Sauerstoff angewandt wurden, waren nach einer Stunde 38,5 ccm, nach einem Tage nur 28 ccm, nach zwei Tagen 21,5 ccm, nach drei Tagen 18,5 und nach 10 Tagen nur noch 10,5 ccm Sauerstoff vorhanden; die Reaktionsgeschwindigkeit nimmt also ab. Der Übergang der sich selbst überlassenen Schwefeldioxydlösung in verd. Schwefelsäure findet zu langsam statt, als daß darauf eine technische Gewinnung sich gründen ließe. Es gibt nun zwei Wege, die schnell zum Ziele führen: Das Platinkontaktverfahren und das Bleikammerverfahren.

Um die Rolle zu erläutern, die die Stickstoffoxyde bei letzterem spielen, ist es empfehlenswert, von getrockneten Gasen auszugehen und zu zeigen, wie trockenes Stickoxyd bei Zutritt von Sauerstoff in braunes Stickstoffdioxyd übergeht, wie letzteres auf trockenes hineingeleitetes Schwefeldioxyd nicht wirkt, sondern erst bei Zutritt von Wasser, und wie dabei außer Schwefelsäure sich Stickoxyd — und zwar die ursprünglich angewandte Menge — bildet, das in der angedeuteten Art auf neues Schwefeldioxyd wirken kann. Der Nachweis des zurückgebildeten Nebenproduktes ist bei der üblichen Art des Versuchs unmöglich, jedoch wichtig.

Zum Versuch verwendet man eine oben geschlossene Meßröhre, z. B. die eines Wasserzersetzungsapparates oder die des Dampfdichte-Bestimmungsapparates von Viktor Meyer. Die erstere hat in unserer Sammlung eine Länge von 19 cm, eine Innenweite von 2 cm, faßt 57 ccm und besitzt ccm-Einteilung. Läßt man sich eine solche anfertigen, so wähle man eine von etwa 70 ccm Inhalt und von 1,8 bis 1,9 cm Innenweite, damit man die Öffnung bequem mit dem Daumen verschließen kann. Bei zu enger Röhre geht das Mischen der Gase zu langsam vor sich; auch ist der Farbenumschlag von weitem nicht so gut zu sehen. Nach dem Versuch ist die Röhre nötigenfalls mit Königswasser zu reinigen und sorgfältig innen zu trocknen (schnell durch Alkohol, Äther und Einblasen von Luft), ebenso das Quecksilber, das als Sperrflüssigkeit dient. Letzteres wird im Abzug in einer flachen, größeren Porzellanschale auf etwa 110° erwärmt und heiß mittelst kleiner Porzellanschale auf ein Fließpapierfilter, das ein kleines Loch hat, geschöpft und so gleichzeitig etwas gereinigt.

Vor der Stunde stellt man unter Benutzung des Tischabzuges aus etwa 10 g Kupferschnitzel und Salpetersäure in einer Kochflasche von etwa 400 ccm Inhalt, ohne Sicherheitstrichter, Stickoxyd her. Damit die Gasentwicklung nicht zu schnell vor sich geht, verwendet man verd. Salpetersäure (2 : 3) und erwärmt die Flasche mittelst liegenden Brenners, der es ermöglicht, den Aufbau niedriger zu gestalten und Schläuche zu sparen. Das Gas leitet man durch zwei hintereinander geschaltete, in Stative eingespannte Drechselsche Waschflaschen mit konz. Schwefelsäure, bis über letzterer das Gas farblos, also frei von Stickstoffdioxyd ist. Nebenbei beachte man, daß vorher, solange auch noch Stickstoffdioxyd in der Flasche ist, an der Innenwand über der Schwefelsäure und am unteren Ende der Einleitungsröhre eisblumenartige Kristalle von Nitrosylschwefelsäure entstehen, worauf später noch zurückzukommen ist. Man fängt nun in der Meßröhre über Quecksilber z. B. 27 ccm Stickoxyd auf und leitet vorsichtig aus einem Stahlzylinder unter Zwischenschaltung einer kleinen, eingespannten Drechselschen Waschflasche mit konz. Schwefelsäure, die vornehmlich zum Regeln des Gasstroms dient, so lange Sauerstoff hinzu, als noch Braunfärbung und Volumenverminderung — zunächst bis 20 ccm — eintritt.

Da Wärme bei der Reaktion $NO + O = NO_2$ frei wird, läßt man das braune Dioxyd noch etwa 15 Minuten sich abkühlen und noch etwas Sauerstoff (1 bis 2 ccm) hinzutreten, damit man ein Dioxyd erhält, das frei von Stickoxyd ist und nur eine geringe Menge freien Sauerstoff erhält. Das Volumen betrage nun 18 ccm.

Verliefe der Vorgang nach der Gleichung $2\ NO + O_2 = N_2O_4$, so müßte man aus 27 ccm Stickoxyd nur 13½ ccm Gas erhalten; verliefe er nach der Gleichung $2\ NO + O_2 = 2\ NO_2$, so müßte man wieder 27 ccm Gas erhalten. Da bei Zimmertemperatur das braune Gas (vgl. L. Meyer-Rimbach, Grundzüge der theoret. Chemie, 1907, S. 182) aus etwa 80% Stickstofftetroxyd- und 20% Stickstoffdioxydmolekülen besteht, so ist selbstverständlich, daß beim Zusammenbringen von Stickoxyd und Sauerstoff eine starke Volumenverminderung eintritt und die erhaltene Zahl näher an 13½ als an 27 liegt[1]).

Inzwischen hat man den Apparat zur Gewinnung von Schwefeldioxyd in Tätigkeit gesetzt. Um Schwefelsäure zu sparen, verwendet man ohne Sicherheitstrichter eine kleine Kugelflasche von etwa 110 ccm Inhalt, deren Kugel einen Durchmesser von etwa 5 ccm und deren 18 cm langen Hals eine Innenweite von 2 cm besitzt, damit man nach der Reaktion die Kupferüberreste leicht entfernen kann. Darin werden 8 g Kupferschnitzel und konz. Schwefelsäure mittelst liegenden Brenners erhitzt. An die Entwickelungsflasche sind zum Trocknen zwei eingespannte Drechselsche Waschflaschen mit konz. Schwefelsäure angeschlossen. Man leitet nun in die Meßröhre, damit sämtliches Stickstoffdioxyd und etwaiger freier Sauerstoff verbraucht werden, einen kleinen Überschuß von Schwefeldioxyd, z. B. 32 ccm, hinein — nach der Theorie gehören zu 27 ccm Stickoxyd ebensoviel Schwefeldioxyd —.

Man sieht, daß Stickstoffdioxyd und Schwefeldioxyd in Abwesenheit von Wasser nicht aufeinander wirken. Nun spritzt man mittelst einer Ohrenspritze mit gebogener, olivenartiger Spitze, die mir geeigneter als eine Hakenpipette erscheint, weil beim Blasen mit dem Mund Atemluft hineingelangen kann, etwa 1½ bis 2 ccm siedend heißes Wasser hinein. Das Gas wird farblos, und die Sperrflüssigkeit steigt, wenn der Versuch gut ausfällt, was nicht immer der Fall ist, bis zur Zahl 27, wie es die Theorie verlangt. Das farblose Gas erweist sich als Stickoxyd, denn beim Zuleiten von Sauerstoff tritt Braunfärbung ein. Um nun in der wässerigen Flüssigkeit Schwefelsäure nachzuweisen, verschließt man das untere Ende der Meßröhre mit dem Daumen, hebt sie etwas über die Oberfläche des Quecksilbers der Wanne und läßt durch Lüften des Daumens fast alles Quecksilber ausfließen. Den Rest gießt man unter Anwendung eines Trichters in ein bereit gestelltes Probierrohr. Die wässerige Flüssigkeit ist meistens etwas trübe, klärt sich jedoch sehr bald. Mittelst einer kurzen Pipette bringt man in ein zweites Probierrohr die klare Flüssigkeit und weist darin mittelst Chlorbariumlösung Schwefelsäure nach. Steht noch etwas Flüssigkeit zur Verfügung, so wirft man darin Magnesiumbandstücke und weist das Entstehen von Wasserstoff nach.

Selbstverständlich kann man in die Meßröhre auch zuerst Schwefeldioxyd und danach Stickoxyd einleiten und sich überzeugen, daß die beiden Gase nicht aufeinander wirken.

Entsteht nach dem Zuspritzen von Wasser zum Gemisch von Stickstoffdioxyd und Schwefeldioxyd zu wenig farbloses Gas, so kann das darauf beruhen, daß zu wenig Schwefeldioxyd hineingeleitet ist und noch vorhandener freier Sauerstoff mit zurückgebildetem Stickoxyd zuerst Stickstoffdioxyd bildet und dieses mit Wasser in Salpetersäure übergeht, wodurch also Stickoxyd verloren geht. Entstehen mehr als 27 ccm farbloses Gas auf Wasserzusatz, so kann das darauf beruhen, daß ein zu großer Überschuß von Schwefeldioxyd verwandt ist und dieses sich schwer in der

[1]) Über den Nachweis des Raumverhältnisses, nach dem sich Stickoxyd und Sauerstoff vereinigen, vergleiche man die sehr beachtenswerten volumetrischen Versuche von P. Rischbieth (diese Zeitschr. XXII, 27) und von F. C. G. Müller (diese Zeitschr. XIV, 337).

wässerigen Flüssigkeit löst. In diesem Fall läßt man einige Scheiben Ätznatron aufsteigen, welches leichter als Wasser das überschüssige Schwefeldioxyd aufnimmt. Es sei noch darauf hingewiesen, daß man nicht zu viel Wasser hineinspritzen darf, da das säurehaltige Wasser etwas Stickoxyd auflöst.

Man kann den Versuch noch in einer anderen Weise anstellen, bei der zuerst Schwefeldioxyd und Sauerstoff in dem richtigen Raumverhältnis 2 : 1 in die Meßröhre geleitet werden, z. B. 30 ccm Schwefeldioxyd und 15 ccm Sauerstoff. Man leitet nun wiederholt vorsichtig Stickoxyd hinzu, vermeidet jedoch einen Überschuß. Das braune Gesamtvolumen betrage nach dem Abkühlen 49 ccm. Wenn man nun heißes Wasser hineinspritzt, ist der Quecksilberstand 20,5 ccm. Man weist nun nach, daß das entstandene farblose Gas beim Hinzufügen von Sauerstoff sich braun färbt, also Stickoxyd ist und daß die wässerige Flüssigkeit mit Chlorbariumlösung die Sulfatreaktion zeigt. Diese Art des Versuchs ist insofern belehrend, als die Schwefelsäurebildung glatt erfolgt und bei einer Wiederholung des Versuchs, bei der eine kleinere Menge Stickoxyd angewandt wird, was man an der kleineren Menge des braunen Gesamtvolumens erkennt, auch eine kleinere Menge Stickoxyd zurückgebildet wird.

Meines Wissens ist in Schulbüchern nicht der folgende, für den Vorgang im Gay-Lussac-Turm wichtige Versuch beschrieben, bei dem aus Stickstoffoxyden und konz. Schwefelsäure zunächst die schon oben erwähnten eisblumenartigen Kristalle von Nitrosylschwefelsäure und durch Lösen derselben in überschüssiger konz. Schwefelsäure die Nitrose erhalten werden.

In einer kleinen Gasentwickelungsflasche mit einfachem Trichterrohr stellt man aus Kupferschnitzeln und konz. Salpetersäure, die man nach Bedarf vermehrt, oder aus Kaliumnitrit und ziemlich konz. Schwefelsäure das Gemisch der Stickstoffoxyde her und leitet sie in eine möglichst große Drechselsche Waschflasche (oder geräumige Kochflasche), die man vorher mit wenig konz. Schwefelsäure versehen und wagrecht so gedreht hat, daß die Innenwand gehörig benetzt ist. (Es ist ratsam, die Schwefelsäuremenge so zu bemessen, daß das lange Knierohr nicht in die Säure hineintaucht.) Es entstehen sehr bald eisblumenartige Kristalle von Nitrosylschwefelsäure nach der Gleichung: $2\ H_2SO_4 + NO + NO_2 = 2\ H(NO)SO_4 + H_2O$. Das Gemisch wirkt also wie das leicht zerfallende Stickstofftrioxyd. Es ist zweckmäßig, die Öffnung des Trichterrohrs durch einen Kork mit Knierohr zu schließen, letzteres an das Gebläse anzuschließen und das braune Gas nötigenfalls weiter zu treiben. Nun setzt man, wenn es nötig ist, noch etwas konz. Schwefelsäure hinzu und neigt die Waschflasche, bis sich die Kristalle zur Nitrose gelöst haben. Um die Ausbeute zu vermehren, kann man den Versuch wiederholen.

Nebenbei sei bemerkt, daß Stickstoffdioxyd allein, z. B. aus Bleinitrat hergestellt mit etwas konz. Schwefelsäure nicht diese Kristalle erzeugt, jedoch beim Hineinleiten in die Schwefelsäure von letzterer unter Bildung von Nitrosylschwefelsäure und Salpetersäure aufgenommen wird:

$$2\ NO_2 + H_2SO_4 = H(NO)SO_4 + HNO_3.$$

Mit der Nitrose kann man nun Versuche anstellen, welche für das Verständnis der Denitrierung der Nitrose im Gloverturm wichtig sind. In ein trockenes Probierrohr bringt man etwas Nitrose und überschichtet sie vorsichtig mit etwas Wasser: die Grenze ist von einer dünnen, grünen Schicht überlagert und läßt einige Gasblasen aufsteigen. Schüttelt man ein wenig, so färbt sich die ganze Wassermasse grün bis grünblau von salpetriger Säure. Verwendet man bei einer Wiederholung des Versuchs Eiswasser, so erhält man eine schönblaue Schicht. Setzt man zum ersten Probierrohr noch mehr Wasser hinzu, so entweicht stürmisch das braune Gemisch der Stickstoffoxyde. Das Ende der Reaktion erläutert folgende Gleichung:

$$2\ H(NO)SO_4 + H_2O = 2\ H_2SO_4 + NO + NO_2$$

(Umkehrung der Gleichung, die für den Vorgang im Gay-Lussac-Turm gilt).

Erhitzt man eine neue Probe der Nitrose, so steigen ebenfalls braune Stickstoffoxyde auf; das in der Nitrose enthaltene Wasser hat in der Hitze nach derselben Gleichung gewirkt.

Leitet man endlich 5 bis 10 Minuten Schwefeldioxyd in die Nitrose, so färbt sie sich zuerst violett und dann blau unter Entweichen von Stickoxyd, welches, gemischt mit viel Schwefeldioxyd, namentlich nach dem Entfernen des Probierrohrs aus der Flamme sich bräunlich färbt. Dabei hat sich die blaue Lösung der Nitrosisulfosäure $H(NO_2H)SO_3$ (welche 1 Atom Wasserstoff mehr als die Nitrosylschwefelsäure enthält) gebildet. (Den Vorgang drückt vielleicht folgende Gleichung aus:

$$2\ H(NO)SO_4 + SO_2 + 2\ H_2O\ (\text{der Nitrose}) = 2\ H_2SO_4 + H(NO_2H)SO_3 + NO.)$$

Die Nitrosisulfosäure ist unbeständig (vgl. Ost, Lehrbuch der chem. Technologie, S. 59) und zerfällt beim Erhitzen oder bei mehrtägigem Stehen in Schwefelsäure und Stickoxyd, so daß man das Ende der Reaktion in der üblichen Weise so ausdrücken kann:

$$2\ H(NO)SO_4 + SO_2 + 2\ H_2O = 3\ H_2SO_4 + 2\ NO.$$

Dieser Reaktion scheint man bei der Denitrierung der Nitrose die größte Bedeutung beizulegen (vgl. Karl Hofmann, Lehrb. der anorgan. Chemie, 2. Aufl., S. 165, und Scheid, Vorbereitungsbuch für den Experimentalunterr., S. 242); aber die anderen Reaktionen werden auch stattfinden, da im Gloverturm, besonders in dem Abschnitt, wo die Röstgase einströmen, eine Temperatur von 300° herrscht, welche hinreichend ist, die Reaktion des zweiten Versuchs hervorzurufen und das für die Reaktion des ersten Versuchs nötige Wasser aus der auf den Gloverturm mitbeförderten Kammersäure auszutreiben. So gelangt man zu dem Ergebnis, daß im Gloverturm die Nitrose denitriert und die Kammersäure konzentriert wird.

Bei der Besprechung der Vorgänge im Gloverturm wird man nicht versäumen, darauf hinzuweisen, daß auch hier die Bedingungen für die beiden Reaktionen der Bleikammer erfüllt sind, daß also im Gloverturm die meisten Reaktionen stattfinden. Dadurch wird verständlich, daß im 1 cbm-Gloverturm etwa zehnmal soviel Schwefelsäure erzeugt wird als in der 1 cbm-Bleikammer.

Verbesserter Apparat zur manometrischen Bestimmung von Gas- und Dampfdichten.

Von **Friedrich C. G. Müller** in Brandenburg.

Die manometrische Dampfdichtebestimmung erfordert zwei getrennte Apparate: Ein 1 1/2 m langes, heizbares, unter beliebigem Winkel aufzurichtendes Rohr, welches das betreffende Gas oder den Dampf aufnimmt, zweitens ein sehr empfindliches Manometer, um den aërostatischen Über- oder Unterdruck der Gassäule zu messen.

Zum Druckrohr *A*, Fig. 1, wurde ein gewöhnliches eisernes Gasleitungsrohr von 15 mm Innenweite und 20 mm Dicke gewählt, welches nahe seinem unteren Ende einen rechtwinkligen, 10 cm langen, etwa 12 mm dicken Rohransatz *B* erhalten hat. Das Traggestell für dies Rohr besteht aus dem ebenfalls 150 cm langen Längsbrett *C* von 8 : 2 cm und dem Querbrett *D* von der Abmessung 35 : 8 : 2 cm. Letzterem ist der Holzpfosten *E* von 16 : 5 : 5 cm von unten her aufgeschraubt. In den Kopf dieses Pfostens ist ein V-förmiger Einschnitt gearbeitet, welcher zusammen mit einem aufschraubbaren Deckel das Lager für Rohransatz bildet, wodurch das Rohr in einer vertikalen Ebene drehbar wird.

Das Rohr ist auf der Oberseite auf 2/3 seines Umfangs mit Asbestpappe, welche mittels dünnen Eisendrahtes festgebunden wurde, eingehüllt.

Unter dem Rohr liegt, damit zu einem Ganzen verbunden, in 7 mm Abstand das aus dünnem Messingblech mit Blei zusammengelötete Heizrohr *F*, das, beiderseits

geschlossen, unten aber mit einem rechtwinkligen Schlauchansatz versehen ist. Es ist in Abständen von 5 cm zur Erzeugung von Leuchtgasflämmchen mit Bohrungen von nur 0,5 mm Durchmesser versehen. Oben und in der Mitte sind noch je eine Zusatzbohrung, unten deren zwei angebracht. Den nötigen Bohrer macht man sich leicht aus einer Nähnadel Nr. 16. Er kann in das Klemmfutter der Drehbank gesetzt, oder, wenn eine solche in der Schulwerkstatt nicht vorhanden, in einem stärkeren Messingdraht eingelötet werden, welcher in den Drillbohrer oder die Bohrfiedel paßt. Selbstverständlich müssen die Lochstellen auf der vorgerissenen Mittellinie mittelst eines spitzen Körners markiert sein. Das Heizrohr F wird an seinen Enden und in der Mitte unter Zwischenlegung von paßend ausgefeilten Abschnitten von 10 mm-Rundeisen mittelst Eisendraht fest mit dem Druckrohr A verschnürt. Das mittlere Zwischenstück G ragt beiderseits 6 cm vor und kann auf die Stifte der Stelleisten H gelegt werden, wodurch es möglich ist, die Neigung des Druckrohrs stufenweise zu ändern. Es sind 14 Stufen von 5 cm Abstand vorgesehen; auf der untersten ruhend,

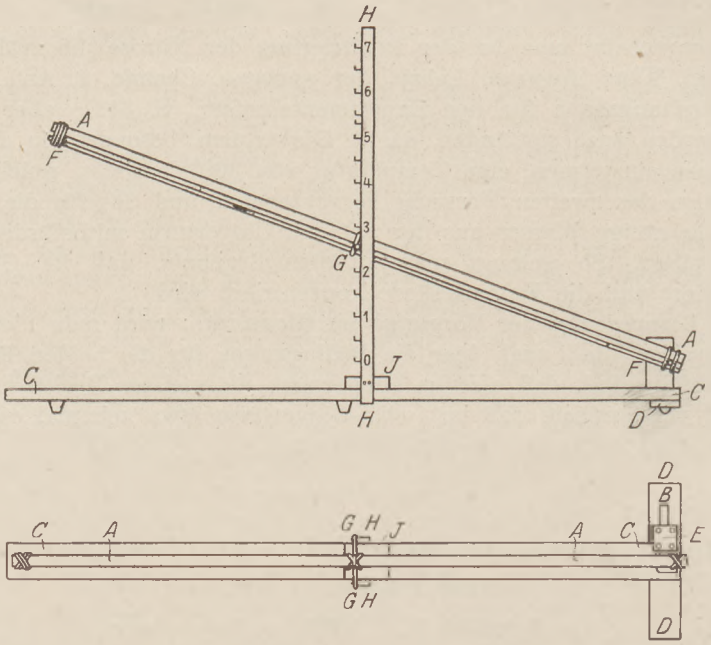


Fig. 1.

liegt das Rohr wagerecht, auf der obersten steht es fast scheitelrecht. Die Bezifferung der Stufen geht dezimeterweise. — Trotz seiner Länge ist der zusammengelegte Apparat leicht zu verwahren, da er, unempfindlich gegen Staub, irgendwo in die Ecke gestellt oder an der Wand aufgehängt werden kann.

Das Manometer besteht aus einem halb mit gefärbtem Benzin gefüllten U-Rohr von 2,5—3 mm Weite, das aber nicht, wie gewöhnlich, senkrecht steht, sondern flach auf einer nur um 45 Minuten geneigten Ebene liegt. Man biegt es aus einem ausgesuchten Glasrohr von 80 cm Länge, nachdem man dieses zuvor auf eine ebene Platte gelegt und so die Ebene einer stets vorhandenen geringen Krümmung ermittelt hat, innerhalb deren die Biegung erfolgen muß. Die beiden parallelen Schenkel liegen ganz nahe nebeneinander. Im übrigen zeigt Fig. 2 die Form des ganzen Rohres M und seine Anordnung auf dem Gestell. Letzteres ist eine mit Stellfüßen versehene Bank, deren Platte von 38 : 16 : 25 cm aus gutem, vollkommen trocknen und sehr sauber eben gehobeltem Holze besteht. Das Rohr wird auf einer Unterlage von weißem Papier durch die federnden Streifen B aus Laubsägeholz befestigt, außer-

dem in der Mitte durch Drahtschlingen, welche durch feine Bohrungen in der Platte gezogen sind; diese Schlingen markieren zugleich die Stelle, bis zu der die Flüssigkeit reichen muß. Die Aufbiegung der Schenkelenden wird ohne weiteres aus der Zeichnung ersichtlich. Zur Erzielung einiger Nachgiebigkeit sind die Enden noch durch Schlauchstücke mit zwei Röhrchen *C C* verbunden, welche durch ein der Platte angeschraubtes Brettchen *D* gehen und festgehalten werden. Die zum Ablesen des Standunterschiedes dienenden Skalen, von denen in Fig. 2 nur die Hauptstriche eingezeichnet sind, befinden sich auf einem Kartonstreifen *E*, welcher mitten so ausgeschnitten ist, daß er die beiden Rohrschenkel zwischen sich faßt, und welcher an den äußeren Rändern durch gefalzte schmale Streifen noch weitere Führung erhalten kann.

Die Füllung geschieht mit einem bis zum Rohrknick einzuführender Kapillartrichter; durch eine kapillare Pipette kann nötigenfalls ein Zuviel wieder beseitigt werden.

Bei der Ingangsetzung kommt das Manometer auf die durch Körnerpunkte ein für allemal bestimmte Stelle vorn auf dem Experimentiertische, dahinter das Druckrohr, so daß dessen Rohransatz mit den Ausgängen *C* des Manometers in einer Flucht liegen. Zur Verbindung beider Apparate dient ein in den Rohransatz ein-

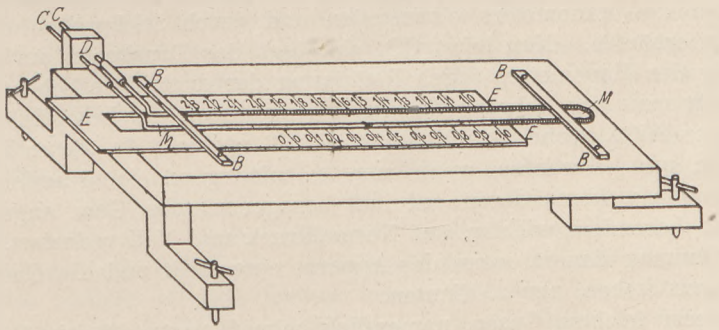


Fig. 2.

gepaßtes Glasröhrchen und ein etwa 15 cm langer dünner Gummischlauch, dessen freies Ende entweder auf das eine oder auf das andere Austrittsröhrchen des Manometers gestreift wird.

Der skizzierte Apparat ist als Ganzes, sowie in seinen Teilen gewiß sehr einfach, übersichtlich und leicht verständlich in seiner Wirkungsweise. Auch kann er, was in heutiger Zeit wohl zu beachten, in der Schulwerkstatt billig zusammengebaut werden. Aber es bleibt doch zu berücksichtigen, daß das Manometer wegen seiner großen Empfindlichkeit eine sorgsame Justierung und Handhabung verlangt. Denn die der ersten Dezimale der auf Luft bezogenen Gasdichte entsprechenden Hauptteilstriche der Skalen sollen nicht unter 15 mm Abstand haben, damit alle Schüler von ihren Plätzen noch gut eine Einheit der zweiten Dezimale richtig abschätzen können, die vorn sitzenden bis auf $^1/_4$ eines solchen.

Diese Empfindlichkeit ist erreicht, wenn eine CO_2-Säule von 20 cm Höhe, oder eine Stufe an der Stelleiste, eine Vergrößerung des Manometerausschlags um 1,5 cm hervorbringt. Der Überdruck einer 20 cm langen CO_2-Säule (Sp. G. 1,53) entspricht aber einer Luftsäule von $20 \cdot 0{,}53$, mithin einer Benzinsäule (Sp. G. 0,73) von $20 \cdot 0{,}53/778 \cdot 0{,}73 = 0{,}0187$ cm. Die Steigung beträgt also auf 1 Skalenteil nicht ganz 0,2 mm.

Hieraus ergibt sich, daß einerseits die Herstellung und Bedienung der Fußschrauben alle Sorgfalt verlangt, andererseits, daß schon mikroskopische Abweichungen des Manometerohrs von der richtigen geometrischen Form erhebliche Ungleichheiten

in den Skalen bedingen. Demnach ist eine Gleichteiligkeit der Skalen von vornherein ausgeschlossen. Sie müssen auf empirische Wege hergestellt und nachgeprüft werden.

Diese unerläßliche Vorarbeit nimmt etwa den folgenden Verlauf:

Nachdem das Manometer genau bis zur Mittelmarke gefüllt und beide Kuppen durch Betätigung der beiden Stirnschrauben zum Einstand gebracht wurden, leitet man unter Zwischenschaltung einer kleinen, Schwefelsäure enthaltenden Waschflasche Kohlendioxyd unten in das auf Stufe 5 ruhende Druckrohr, erst schnell, bis das Manometer fest bleibt, dann ganz langsam, Blase für Blase. Nun bringt man mittels der dritten Fußschraube den Manometerausschlag auf etwa 80 mm und markiert auf dem noch leeren Karton den betreffenden Punkt. Weiter stellt man das Druckrohr auf alle anderen Stufen von 0 bis 7 und erhält so die ersten Hauptpunkte der Skalen von 1,0—1,7, bezw. von 1,0—0,3. Zur Erweiterung der Skalen wird dann Wasserstoff verwendet, dessen Saugkraft nahezu doppelt so groß ist, wie der Überdruck der Kohlensäure. Man bringt also das Steigrohr auf Stufe 3,5, regelt mit der dritten Fußschraube die Empfindlichkeit so, daß der Manometerausschlag genau auf 1,7 bezw. 0,3 fällt, geht alle halben und ganzen Druckstufen durch und gelangt so bis 2,4. Selbstverständlich werden alle Skalenpunkte mehrmals überprüft. Erst dann macht man die Skalen mit Reißfeder und Tusche fertig.

Jede Vorführung des fertigen Apparats hat damit zu beginnen, die richtige Empfindlichkeit des Manometers einzustellen und durch Stichproben die Richtigkeit der Skalen zu erhärten. Man leitet CO_2 ein, legt das Druckrohr auf 5 und bringt den Ausschlag des Manometers durch Betätigung der dritten Stellschraube genau auf 1,5. Dann legt man das Rohr nach einigen Stichproben auf besondere in der Höhe 5,3 angebrachte Stifte, wobei das Manometer 1,53 anzeigt. In dieser Lage verbleibt das Druckrohr, und es werden, wenn man es mit irgend einem anderen Gase oder Dampf füllt, ohne weiteres deren auf Luft bezogenen spez. Gew. angezeigt werden, und zwar, was besonders wichtig, auf Normaldruck und Null reduziert. Eine solche Gasdichtebestimmung dauert, wenn der Apparat eingestellt und die Gasbehälter oder Entwickler bereit stehen, nur 2 Minuten.

Um bei sehr leichten Gasen, namentlich beim Wasserstoff, ein Entschlüpfen zu verhindern, wird in die Mündung des Druckrohrs ein möglichst weites U-Rohr mit nur 3 cm Schenkellänge mit seinem einen Schenkel eingepaßt, während der andere zur Seite liegt. Der Wasserstoff muß gut getrocknet sein, weil er sonst erheblich schwerer ist.

Bei schädlichen Gasen, insonderheit beim Chlor, bringt man unter die Mündung des Druckrohrs ein etwa 5 cm weites, mit dem Tischabzug verbundenes Rohr aus Packpapier, Pappe oder Blech. Oder man streift darüber einen mit Salmiakgeist getränkten Zylinder von Fließpapier. Übrigens braucht, wenn das Druckrohr eben voll geworden, der Gaszufluß nur abgestellt zu werden; dann gelangen nur so winzige Mengen ins Zimmer, daß dadurch kaum eine Belästigung stattfindet. —

Nun zur Dampfdichtebestimmung: Man entzündet die Gasflammen am Heizrohr und überläßt den Apparat 10 Minuten sich selbst. Bei gutem Tagesdruck in der Leuchtgasleitung wird nach Abschließung des Druckrohres mit einem Kork das Manometer bei 18° Zimmertemperatur fest auf etwa 0,50 einstehen, entsprechend einer Temperatur von 309°. Da diese Temperatur für die meisten Zwecke unnütz hoch ist, dreht man nach 5 Minuten Brenndauer das Gas soweit ab, wie nach Vorversuchen zweckmäßig ist, so daß etwa ein Manometerstand von 0,6, bezw. eine Temperatur von 202° erreicht wird.

Der auf seine Dampfdichte zu untersuchende Stoff kommt in kleine Gaskugeln von einigen Kubikzentimetern Inhalt, welche man an Röhrchen von 8 mm Weite geblasen hatte. Die etwa 3 cm langen Stiele werden mittelsst eines durchbohrten Korks unten in das Druckrohr eingeführt und der Kugelinhalt durch eine kleine Flamme zum Kochen gebracht. Sobald der Dampf alle Luft aus dem Druckrohr

verdrängt hat und der Manometerfaden fest steht, muß das Kochen so langsam wie möglich fortgesetzt werden; denn bei stürmischer Dampfentwickelung würde namentlich bei schweren Dämpfen ein aërodynamischer Zusatzdruck entstehen. Man bedient sich deshalb zur Erzeugung des Flämmchens einer Lötrohrspitze, verkleinert die Flamme schließlich bis auf wenige Millimeter und bringt sie von der Seite an die Kugel heran. Um beim Wasser ein stoßweises Kochen zu verhindern, wird ein Stückchen Magnesium mit in die Kugel gebracht.

Die so am Manometer sichtbar werdende Zahl, dividiert durch das vorher abgelesene spez. Gewicht der erhitzten Luft, ergibt ohne weiteres die gesuchte Dampfdichte.

Eine jede solche Dampfdichtebestimmung dauert kaum 2 Minuten.

Die nötige Substanzmenge beträgt auch bei hohem Molekulargewicht kaum 1 g. Denn der Rohrinhalt ist 264 ccm. Ein gleiches Volum Luft von 200^0 wiegt 0,2 g, ein gleiches Volum Benzoldampf 0,54 g. —

Die geschilderte manometrische Dampfdichtebestimmung erscheint gegenüber den in der Wissenschaft eingeführten auf feinen Wägungen und Gasvolummessungen beruhenden Methoden unglaublich einfach, bequem und schnell. Feinmessungen, Wägungen, Temperaturbestimmungen, Barometerablesungen und Korrektionsrechnungen kommen nicht nur bei der Ausführung der Bestimmungen in Fortfall, sondern auch bei der Anfertigung, Einregelung und Aufstellung des Apparats. Alles geht ziemlich mechanisch vor sich und verlangt nur ein bescheidenes Maß von Wissenschaft und Technik.

Allerdings übernimmt unsere Methode zwei Gasdichten als gegebene: Die der Luft und des Kohlendioxyds; oder eigentlich nur den Quotienten beider 1,53. Letztere Zahl wird, nebenbei bemerkt, bereits im Anfangsunterricht ohne Korrektionsrechnung recht genau erhalten, wenn man je ein Liter aus einer Meßglocke in eine mäßig ausgepumpte Flasche von 1,1 l Inhalt treten läßt und bis auf 0,01 g genau wägt.

Übrigens sei ausdrücklich betont, daß das beschriebene Verfahren von vornherein nur für Lehrzwecke ausgearbeitet und in der Schulpraxis im Lauf der Jahre immer schulmäßiger geworden ist. Gleichwohl dürfte es auch für wissenschaftliche und angewandte Chemie oft gute Dienste leisten können. Denn Dampfdichtebestimmungen sollen in der Regel nur bestätigen, ob ein Stoff der vorausbestimmten chemischen Formel entspricht; und dazu bedarf es keiner über die zweite Dezimale hinausgehenden Genauigkeit. —

Die Forderung, daß ein Gesetz von so grundlegender Bedeutung wie das Dampfdichtegesetz, auf der Oberstufe des chemischen Unterrichts nicht bloß vorgetragen, sondern auch experimentell entwickelt und erwiesen werden sollte, bedarf wohl keiner weiteren didaktischen Auseinandersetzung. Aber auch für den physikalischen Unterricht lohnt schon die anschauliche Feststellung der für das Verständnis der Dampfmaschine und vieler meteorologischen Vorgänge so wichtigen Dichte des Wasserdampfes die Beschaffung unseres Apparates. Endlich ist die Wirkungsweise des Apparates an sich ein lehrreicher Übungsstoff bei der Durchnahme der Aërostatik.

Zum Schluß sei noch daran erinnert, daß Verf. bereits vor 32 Jahren ein mit dem oben beschriebenen im wesentlichen übereinstimmendes Verfahren im Unterricht verwendet und in Band II und III dieser Zeitschrift veröffentlicht hat. Insonderheit wurde schon damals der für den Erfolg so entscheidende Kunstgriff der Manometereinstellung mittelst einer Säule von Kohlendioxyd in Anwendung gebracht. Freilich waren Apparat und Methode noch wenig durchgebildet. Auch die in den folgenden Jahren vorgenommenen Abänderungen von Druckrohr und Manometer ließen an Zuverlässigkeit und Bequemlichkeit noch viel zu wünschen übrig. So kam es, daß das Problem der manometrischen Dampfdichtebestimmung lange Jahre liegen blieb. Erst in jüngster Zeit habe ich es mit ganzer Kraft wieder aufgenommen und so lange durchgearbeitet und praktisch erprobt, bis mit der heute beschriebenen Ausführung das Ziel erreicht war.

Kleine Mitteilungen.

Zur objektiven Darstellung der oszillatorischen Entladung.

Von **Oswald Jahn** in Halle a. S.

Bekanntlich rührt der erste Versuch, die oszillatorische Entladung zu demonstrieren, von FEDDERSON her. Seine Anordnung leidet aber darunter, daß es schwierig ist, die Erscheinung einer größeren Hörerzahl gleichzeitig deutlich zu machen. An demselben Übelstande leidet auch der an sich sehr hübsche Versuch von KÖNIG, wie ihn MIE in seinem Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus beschreibt. Da mag es vielleicht interessieren, wie man die Anordnung treffen kann, um die Tatsache, daß die Entladung nicht eine einmalige ist, sondern aus einer Reihe aufeinanderfolgender Entladungen besteht, selbst dem größten Zuhörerkreis in wahrhaft glänzender Weise zu demonstrieren. Ich gestatte mir daher, die Anordnung in folgendem kurz zu beschreiben.

An einem Holzzylinder C (Fig. 1), der mit dem Zapfen a auf eine Schwungmaschine gesetzt werden kann, befindet sich eine kreisförmige Hartgummischeibe AB. Um den Holzzylinder sind zwei Schleifringe b gelegt, an denen zwei blanke Kupferdrähte c angelötet sind, von denen der eine auf der Vorderseite, der andere auf der Rückseite der Hartgummischeibe mittelst kleiner Schräubchen verlegt ist. Der Draht von der Rückseite geht durch eine Durchbohrung der Scheibe bei e und endet vielleicht 3 bis 5 mm vor dem anderen Draht, so daß hier bei d die Funkenstrecke ist. Im übrigen ist die Anordnung die übliche (Fig. 2). DE ist der Funkeninduktor, dessen Pole einerseits mit dem äußeren resp. inneren Belag einer sogenannten Leydener Flasche F, andererseits mit zwei Schleiffedern G und H verbunden sind, die ihrerseits auf den Ringen (b) schleifen. Wird nun die Hartgummischeibe in geschwinde Rotation versetzt (Motor), so sieht man bei einmaliger Unterbrechung des Primärstromes am Induktor eine Reihe glänzender Funken an der Funkenstrecke überspringen. Man kann auch den Funkeninduktor ruhig arbeiten lassen und die Geschwindigkeit des Motors so regulieren, daß der Entladungsfunke jedesmal dann auftritt, wenn die Hartgummischeibe eine (resp. mehrere) ganze Umdrehung ausgeführt hat; dann läßt sich die Erscheinung dauernd festhalten.

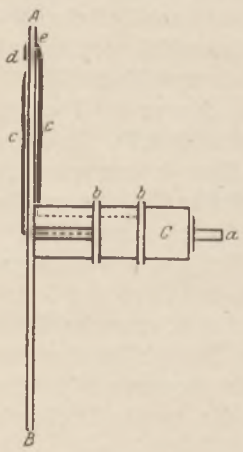


Fig. 1.

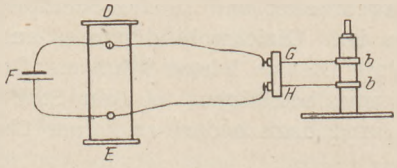


Fig. 2.

Das einlinsige Fernrohr.

Von Dr. **Heinrich Hein** in Altona.

Ein Gegenstand in 100 m Entfernung sei 1 m hoch. Eine Linse entwerfe davon ein Bild in 1 m Entfernung. Dann ist natürlich das Bild 1 cm hoch. Aus einer Entfernung von 1 m betrachtet, erscheint es ebenso groß, wie der Gegenstand aus 100 m Entfernung. Nun kann das normale Auge sich einem Gegenstand ohne Anstrengung bis auf 25 cm nähern. Wird somit das durch die Linse entworfene Bild aus 25 cm Abstand betrachtet, so erscheint es in vierfacher Vergrößerung. Ein Fernrohr von 25 m Brennweite würde ohne Okular eine hundertfache Vergrößerung liefern. In Fällen, wo keine starke Vergrößerung nötig, aber selbst die letzten Reste der Dispersion im Okular störend sind, ließe sich eine derartige Verwendung astro-

nomischer Fernrohre vielleicht denken. Das Gesichtsfeld erscheint gerade so groß, wie die Öffnung des Objektivs. Die Einstellung des Auges ist nicht ganz leicht. Es müßte am besten in der Bildebene eine Blende angebracht werden, die dem Auge den Abstand des Bildes angibt. Entsprechendes gilt natürlich von Hohlspiegeln.

Ein Interesse an der Frage des reinen Objektivfernrohres hat die alte Geschichte. Babylonische Weissagungen sprechen von Sternbedeckungen durch die „Hörner" der Venus. Es liegt nahe, dabei an die Phasen der Venus zu denken und das ist auch geschehen. Die Möglichkeit, die Sichelgestalt der Venus nahe der unteren Konjunktion mit bloßem Auge zu erkennen, ist nicht ganz ausgeschlossen, da der Durchmesser der Venus dann rund 60″ beträgt. Nun wird jedoch auch von den „Hörnern" des Mars gesprochen. Der Mars zeigt bekanntlich auch Phasen. Aber sein Durchmesser beträgt dabei etwa 12″ bis 15″. Der kleinere Durchmesser etwa 2″ weniger. Ein derartig kleines Objekt als Scheibe zu erkennen dürfte für das schärfste Menschenauge schon unmöglich sein. Eine Differenz von 2″ noch wahrzunehmen ist für bloßes Auge einfach ausgeschlossen. Sollten also die Babylonier die Phasen des Mars gekannt haben, so müßten sie Fernrohre besessen haben. Da die Babylonier den Griechen, die „heiliges" Opferfeuer durch Hohlspiegel zu entzünden verstanden, nicht nachstanden, so dürften sie auch Hohlspiegel besessen und dann vielleicht ihre teleskopische Wirkung gekannt haben. Gelegentlich der „Hörner" des Mars deutet der Assyriologe E. Weidner die Möglichkeit primitiver Vergrößerungsinstrumente bei den Babyloniern an. Bereits ehe mir diese Bemerkung bekannt war, kam ich zur theoretischen und praktischen Betrachtung des einlinsigen Fernrohrs.

Für die Praxis.

Schallquelle für Resonatoren. Von Dr. **H. Hermann** in Tübingen. Für eine Serie auf C gestimmter Resonatoren gebrauchte ich früher als Erreger ein Cello, mit welchem jedoch nicht alle ansprechen, weil seine tiefste Saite C ergibt. Ich habe jetzt die von WEINHOLD empfohlene Orgelpfeife (Fig. 223 der „Demonstrationen", 4. A. S. 286, früher Fig. 209), in guter Ausführung, und zwar ohne Glas aber zerlegbar, so daß man die Zunge zeigen kann, von der Pfeifenfabrik Gustav Schönstein in Villingen (Baden) bezogen. Zum Erregen genügt weder das kleine Tischgebläse (Hugershoff 1511, Liste von 1904), noch das größere Wandgebläse „Neptun" von Trubel & Cie., Dortmund, das sonst seiner Unverwüstlichkeit halber zu empfehlen ist und zum Glasblasen mehr als nötig Luft fördert; wohl aber eine elektrische Heißluftdusche (Haartrockner); diese fördert so viel Wind, daß keine Dichtung zwischen ihr und der Pfeife nötig ist. Man kann einfach beides auf dem Tisch nebeneinander legen und Kaltluft einschalten.

Um den Haartrockner für Elektrostatik zu verwenden, muß man ein Stück aussuchen, bei welchem der Draht nicht glüht und das Gehäuse keine Spannung hat. Ferner ist für die Schule das Abnehmen der Seitenwand, um das Innere zeigen zu können, wünschenswert. Es gibt mehrere Erzeugnisse, bei welchen beides zutrifft.

Optische Kontrasterscheinungen. Von **E. Kleinen** in Darmstadt. 1. Stellt man sich im Schulzimmer so, daß das Licht die Tafel spiegelnd erscheinen läßt, dann erscheinen Striche weißer Kreide dunkler als die Tafelfläche.

2. Betrachtet man Schneeflocken gegen den hellen Himmel als Hintergrund, so erscheinen sie vollkommen schwarz. (Über „schwarzen Schnee" vergl. Cic. Acad. Quaest. II. 31. Sextus Empiricus Pyrrhon L. I. c. 13 und Mémoires de l'Acad. Roy. des Sciences d. Berlin 1753. S. 384.)

3. Geht man bei grellem Sonnenlicht durch eine Allee oder an einem Zaun vorbei und die Schatten fallen gerade quer über den Weg, so kann man folgende

interessante Beobachtung machen. Die Schatten werden zunehmend dunkler mit der Entfernung, und in einem gewissen Abstand erscheinen sie so tiefschwarz, als ob Teer an der Stelle ausgegossen wäre. Die Erscheinung wird noch kräftiger, wenn man sich etwas bückt und seitlich über die Schatten sieht. Darin liegt auch ein Hinweis für die Erklärung. Die Schattenstelle erhält noch Licht vom Himmelsgewölbe. Bei nahem Schatten trifft also noch hinreichend reflektiertes Licht ins Auge, so daß der Untergrund noch gut erkannt wird. Je weiter der Schatten entfernt ist, um so weniger ist dies der Fall, und so erscheint der Schatten tiefschwarz. Ohne die Kontrastwirkung, z. B. bei Schatten breiter geschlossener Gegenstände, Häuser usw. tritt die Erscheinung nicht ein.

Versuch zum Nachweis des oszillatorischen Charakters der Entladung eines Kondensators. Von **K. Keil** in Lüdenscheid. Bei Gelegenheit eines Volkshochschul-Vortrages über drahtlose Telegraphie hatte ich den Nachweis der Oszillationen bei der Entladung einer Leydener Flasche zu erbringen. Der gewöhnliche Nachweis mit Hilfe des rotierenden Spiegels verbot sich mir wegen den Raumverhältnissen. Ich benutzte schließlich ein Verfahren, welches zuerst von W. König [1]) angegeben worden ist, allerdings in abgeänderter Form: den Nachweis der Schwingungen mit Lichtenbergschen Figuren.

Da mir für die gewöhnliche Schaltungsweise nicht die genügend starken Ströme zur Verfügung standen, und auch die Unterbrechung des Primärstromes des Induktors nicht plötzlich genug zu erreichen war, ging ich folgendermaßen vor. Ich lud mit der Influenzmaschine eine Weinholdsche 4 Flaschen-Batterie möglichst stark auf. Dann wurde die Batterie durch die Sekundärspule eines großen (10 cm) Induktors entladen. Das geschah so, daß die Erdseite der Batterie dauernd mit einer Klemme des Induktors verbunden blieb, während die zweite Klemme mit einem Auslader durch eine Kette in Verbindung stand. War die Batterie genügend geladen, dann wurde der Auslader schlagartig an die innere Belegung herangebracht. An den Klemmen der Sekundärspule saßen dann Spitze und Erdplatte für die Erzeugung der Lichtenbergschen Figuren. Als Isolator diente eine Hartgummi-(Elektrophor-)Platte, die vor dem Versuch mit Schwefel und Menninge-Pulver bestäubt war. Geschah die Entladung plötzlich genug, so erhielt ich sehr schöne, konzentrische gelbe und rote Ringe entsprechend der folgeweisen Entladung der Batterie.

[1]) Wied. Ann. 65, 535 (1899); vgl. d. Zeitschr. 12, 293.

Ersatz für Platinasbest bei der Überführung des Ammoniaks in Stickoxyde. Von Dr. **W. Franck** in Hamburg. Als Katalysator bei der Oxydation des Ammoniaks hat sich mit Kupfer- und Wismutoxyd überzogener Asbest bewährt. Man bereitet ihn unter Anlehnung an die Vorschriften eines Patents der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik, indem man 5 g Kupfernitrat und 5 g Wismutnitrat mit 20 ccm destilliertem Wasser übergießt und dann tropfenweise soviel Salpetersäure hinzufügt, bis das basische Wismutnitrat sich gelöst hat. In diese Lösung taucht man 5 g gewaschenen und zerfaserten weißen Asbest und versetzt das Gemisch mehrere Stunden später mit soviel Natronlauge, daß gerade alkalische Reaktion eintritt. Der Asbest mit den daran haftenden Hydroxyden wird dann abfiltriert und so lange heiß ausgewaschen, bis das Waschwasser neutral reagiert. Dann erhitzt man ihn mäßig im schwer schmelzbaren Reagenzglas und führt dadurch die Hydroxyde in die Oxyde über.

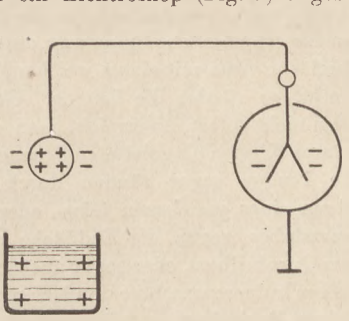
Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Neue Apparate zur Strahlungsmessung. Von W. VOEGE. *(Physikal. Zeitschr. 21, 1920, S. 288.)* Durch Zusammenarbeit des Verfassers mit der Firma C. Zeiß ist während des Krieges eine neue Art von Thermoelementen hergestellt worden, die ursprünglich für die Nachrichtenübermittelung durch unsichtbare Wärmestrahlen bestimmt waren. Die im Brennpunkte eines Parabolspiegels angebrachten Elemente mußten, um der Übertragung von Morsezeichen mit normaler optischer Telegraphiergeschwindigkeit zu genügeu, geringe Trägheit bei hoher thermoelektrischer Kraft und geringem Widerstande besitzen. Die vom Verfasser früher in dieser Zeitschrift (1913, S. 257) beschriebenen Vakuumstrahlungsmesser mit Eisen-Konstantan-Elementen erwiesen sich als ungeeignet, da der Einschluß in ein Vakuum zwar die Empfindlichkeit erhöht, aber auch die Trägheit beträchtlich vergrößert. Auch die Hutchins-Legierungen und die Eisen-Wismut-Elemente erwiesen sich als ungeeignet. Den Versuchen der Firma Zeiß ist es gelungen, ein Thermoelement (von nicht angegebener Zusammensetzung) herzustellen, das eine 6—8 mal größere Thermokraft wie Eisenkonstantan, dabei die nötige Festigkeit und sehr geringe Trägheit besitzt. Der innere Widerstand beträgt 1 bis 3 Ohm, die Zeit bis zum Endausschlag eines angeschlossenen Saitengalvanometers nur 2 Sek. (gegen 7,2 Sek. bei der Rubenssäule, 15,5 Sek. bei Eisenkonstantan im Vakuum). Die Empfindlichkeit ist durch einen kleinen, metallisch reflektierenden Kugelspiegel erheblich gesteigert. Eine Abschlußscheibe gegen Beschädigungen und gegen Luftströmungen ist unentbehrlich, hierfür hat sich im Laboratorium Steinsalz, im Freien (wo die Feuchtigkeit störend wirkt) Flußspat als geeignet erwiesen. Das Element wird in ein festes, auf einer Säule sitzendes Metallgehäuse eingebaut. Eine Hefnerlampe gab aus 20 m Entfernung an einem Zeigergalvanometer von Siemens & Halske (1,5 Ohm Widerstand, $1^0 = 1 \cdot 10^{-5}$ Amp.) einen Ausschlag von 1°. Die Mondstrahlung ergab bei 25° Mondhöhe im Dunstkreis der Großstadt (Hamburg) noch einen Ausschlag von 300 Skalenteilen. Bei Anwendung aller Mittel der Empfindlichkeitssteigerung würde noch etwa ein Milliontel der Vollmondstrahlung meßbar sein. Für Spektraluntersuchungen ist eine Linearthermosäule aus 10 Einzelelementen auf 18 mm Länge hergestellt. Die Größe der Ausschläge ist von der Spaltweite abhängig. Angeschlossen war ein Spiegelgalvanometer von S. & H. von 40 Ohm Widerstand und der Empfindlichkeit $1^0 = 1 \cdot 10^{-9}$ Amp. Ein einziges der neuen Elemente leistete dreimal so viel wie die Rubenssäule von 20 Eisenkonstantanelementen im Ultrarot-Spektrometer. Die erwähnte Thermosäule aus 10 Elementen erwies sich den besten Linear- und Flächenbolometern gleichwertig.

P.

Versuche zur Berührungselektrizität. Von A. COEHN und A. LOTZ *(Physikal. Zeitschr. 21, 1920, S. 327)*. Einmalige Berührung und Trennung von Nichtleitern vermag auch ohne Reibung eine beträchtliche elektrische Aufladung hervorzurufen. Am besten benutzt man ein Paar von Nichtleitern, deren Dielektrizitätskonstanten weit auseinander liegen, besonders wirksam ist es, wenn der eine fest, der andere flüssig ist. Zur Demonstration dient eine Metallkugel von etwa 3 cm Durchmesser, die mit einem Paraffinüberzug (durch Eintauchen in geschmolzenes, nicht überhitztes Paraffin) versehen und durch einen Metallstab an ein Elektroskop (Fig. 1) angeschlossen



ist. Nach einmaligem Einsenken in destilliertes Wasser zeigt sie sich stark geladen, das Elektroskop gibt negative Ladung an. Man kann die Ladung verstärken, indem man wiederholt das Elektroskop durch kurze Berührung ableitet und die Kugel von neuem eintaucht. Beim Entladen des Elektroskops bleibt die positive Ladung der Metallkugel bestehen, da sie von der negativen des Paraffins gehalten wird. Entladet man die Paraffinoberfläche durch eine Flamme, so divergiert das Elektroskop wieder, aber mit positiver Elektrizität. (Ersetzt man das Wasser durch stark verdünnte Schwefelsäure, so treten dieselben Erscheinungen mit entgegengesetzten Vorzeichen auf.)

Die gegenseitige Aufladung von Paraffin und Wasser läßt sich auch in einem Projektionsversuch zeigen. Eine Metallrinne mit angelötetem Metallstab (der zu einem Elektroskop A geführt ist) wird mit Paraffin überzogen. Läßt man in die Rinne tropfenweise destilliertes Wasser fallen und in ein Metallschälchen gelangen, das auf ein zweites Elektroskop B aufgesetzt ist, so werden

die beiden Elektroskope entgegengesetzt, *A* negativ, *B* positiv, geladen.

Hat die Paraffinfläche das Maximum der Ladung erreicht, so kann man sie mit einem kontinuierlichen Wasserstrahl oder durch Überfahren mit einer Flamme rasch entladen. Der Unterschied wahrer und freier Ladung läßt sich zeigen, indem man eine dünne Paraffinplatte durch darüberfallendes Wasser lädt; beide Seiten erweisen sich dann als negativ, aber wird die zweite (nicht vom Wasser getroffene) Seite durch eine Flamme entladen, so bleibt die Ladung der ersten Seite erhalten; im anderen Fall verschwindet mit der Ladung der ersten auch die der zweiten Seite.

Eine ein verdünntes Gas enthaltende Glaskugel leuchtet bekanntlich auf, wenn sie gerieben wird, und zwar je nach der Gasart in verschiedenem Licht, z. B. eine Azolampe tiefblau, eine Neonlampe (Glimmlampe Pintsch) intensiv rot. Daß dabei die Leitfähigkeit des eingeschlossenen Gases erheblich zunimmt, läßt sich am besten an einer gewöhnlichen Quarzquecksilberlampe von Heräus zeigen; wenn man an die Pole die zum Brennen erforderliche Spannung anlegt und die Außenfläche etwa mit einem weichen Gummilappen reibt, so zündet die Lampe. Geschieht das Zünden nicht sofort, so erreicht man es nach kurzem durch Kippen eingeleiteten Brennen. Man kann die Lampe sogar zünden durch bloßes Heranführen eines geriebenen Glas- oder besser noch Quarzstabes gegen die Endfläche des kathodischen Quecksilbers, oder sogar aus der Ferne mittelst einer Influenzmaschine durch Heranführen des positiven Poldrahtes an die Kathodenfläche oder durch rasches Fortführen des negativen Drahtes. Die Erklärung ist darin zu finden, daß das durch die herangeführte Ladung erzeugte Feld die gleiche Richtung haben muß, wie dasjenige, das den Lichtbogen unterhalten soll; für dieses Feld ist die Quecksilberkathode eine Stelle einmündender Kraftlinien, die im Lampeninnern, wenn auch in geringer Zahl vorhandenen Elektronen bewegen sich von der Kathode zur Anode; Zündung erfolgt, wenn sie dabei ausreichende Beschleunigung erlangen, um Gasmoleküle zu ionisieren; diese Beschleunigung aber wird durch die genäherte positive Ladung hervorgerufen. Dagegen reicht bei der geringen Geschwindigkeit der positiven Gasreste eine der Anode genäherte negative Ladung nicht aus, um dieser eine hinreichende Geschwindigkeit zur Ionisierung von Molekülen zu erteilen. Wird eine Stelle des Quarzrohres durch Berühren mit dem geladenen Quarzstab positiv aufgeladen, so werden Elektronen dorthin gezogen und für die Zündung unwirksam, daher hat das Nähern des positiv geladenen Stabes dann zumeist keinen Erfolg. Wird andererseits das Quarzrohr mit einem geladenen Ebonitstab negativ geladen, so können dort Elektronen nicht an die Wand gelangen und die Zündung durch den genäherten positiven Quarzstab geht besonders leicht vor sich. In dem letzteren Fall erfolgt die Zündung häufig schon, wenn man die Grenzstelle des Kathodenquecksilbers ganz kurz mit dem Finger berührt. *P.*

Einen Versuch zur Demonstration des Rayleighschen Gesetzes gibt FRANZ ROTHER in der *Phys. Ztschr. 21 (1920), S. 272* an. Das Rayleighsche Gesetz ist in den letzten Jahren bekanntlich erfolgreich zur Erklärung des blauen Himmels herangezogen worden und hat überdies einen Weg zur Berechnung der Loschmidtschen Zahl geboten. Es sagt aus, daß beim Durchgang durch ein trübes Medium die Komponenten des weißen Lichtes umgekehrt proportional zur 4. Potenz der Wellenlänge zerstreut werden. Während man sich bisher mit dem sog. Tyndallschen Versuch, das Licht durch ein trübes Medium fallen zu lassen und dabei die Zerstreuung des blauen, das Durchgehen des gelb-roten Lichtes zu zeigen, begnügte, geht ROTHER weiter. Er läßt durch einen Glaszylinder von ca 1,50 m Länge, der mit einer fein verteilten Mastix-Emulsion in Wasser gefüllt ist, einen möglichst starken Lichtkegel durchfallen. Dann zeigt die Mastixlösung folgeweise die Farben blau, grün, gelb und rot. — Der Versuch wäre also auch zur Erklärung des Abendrots heranzuziehen. *Karl Keil, Lüdenscheid.*

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Die Grundlagen der Physik. Unter diesem Titel hat HUGO DINGLER eine Schrift über die „synthetischen Prinzipien der mathematischen Naturphilosophie" — in Anlehnung an den ähnlich lautenden Titel von Newtons Hauptwerk — veröffentlicht, das den vorläufigen Abschluß und Höhepunkt seiner bisherigen Untersuchungen darstellt[1]). Es muß im voraus gesagt werden, daß die Schrift eine der bedeutendsten ist, die in neuerer Zeit zur Theorie der Wissenschaft erschienen sind, der Verfasser setzt sich damit in enge Beziehung zu den axiomatischen Forschungen auf mathematischem Gebiet und eröffnet in das Wesen der Wissenschaft überhaupt, sowie in das Verhältnis mathematischer und experimenteller

[1]) Die Grundlagen der Physik, von Hugo Dingler, Berlin und Leipzig 1919, M. 11,— + 50% T.-Z.; von früheren Schriften desselben Verfassers sind besonders zu nennen: Die Grundlagen der angewandten Geometrie, Leipzig 1911 und die Grundlagen der Naturphilosophie, Leipzig 1913 (vgl. d. Zeitschr. 26, 261 und 27, 194).

Forschung ganz neue Einsichten, durch die manche bisherigen Streitfragen aufs glücklichste geklärt und entschieden werden. Es ist schwer, diesem Werk durch einen kurzen Bericht gerecht zu werden; wir hoffen, daß recht viele unserer Leser sich dadurch veranlaßt fühlen werden, zu dem Buche selbst zu greifen.

Das Wesen der Methode, die der Verfasser als die eigentlich wissenschaftliche erkennt, besteht darin, „das mannigfache natürliche Geschehen nach einem gewissen geeignet erscheinenden logischen Schema zu ordnen und so uns übersichtlich zu machen“ (S. 29). Um zu diesem Schema zu gelangen, wird von dem ausgegangen, was der Verfasser den Tagesstandpunkt nennt — und womit der Standpunkt des naiven, durch keine vorgefaßten Begriffe beeinflußten Beobachters gemeint ist. Um der Unsicherheit der auf diesem Standpunkt auftretenden Begriffe zu steuern, muß scharf geschieden werden zwischen dem, „was an unserer Gesamtwelt denkende Bearbeitung unseres Geistes ist, was nicht“ (S. 6), dies Problem bezeichnet der Verf. als das der „erkenntnistheoretischen Analyse einer Gesamtwelt“, oder kurz als das „Erkenntnisproblem“. Von der denkenden Bearbeitung der Gesamtwelt aber heißt es, sie sei darauf gerichtet, absolut geltende Gesetze zu schaffen und die Gesamtwelt durch absolut exakte Begriffe zu ordnen. Dies wiederum ist nur möglich durch das, was der Verf. „Synthese“ nennt. Diese besteht darin, daß „so viel als möglich durch von uns selbst vorgenommene Festsetzungen und so wenig als möglich von anderen Quellen gewonnen wird“ (S. 10). Die Festsetzungen geschehen durch freien Willensentschluß (S. 11), die Gültigkeit der Festsetzungen wird erreicht durch ausnahmslose Anwendung der darin enthaltenen Regeln.

Ein Beispiel wird die Sache verständlich machen. Ein altes Problem ist das von der Allgemeingültigkeit des Beharrungsgesetzes. Es ist offenbar aus der Erfahrung geschöpft, mindestens in Anlehnung an die Erfahrung gewonnen. Seine Allgemeingültigkeit aber erreicht es erst, indem es als Maxime der Forschung für jede künftige Erfahrung zur Norm genommen wird; wo sich Abweichungen von dem Gesetze zeigen, wird eine Kraft eingeführt, die als Ursache dieser Abweichung anzusehen ist[1]).

[1]) Diese Auffassung ist bereits vor mehr als vier Jahrzehnten von dem Verfasser obigen Berichts in dem Aufsatz „Über den empirischen Ursprung und die Allgemeingültigkeit des Beharrungsgesetzes (Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie 1884) ausgesprochen worden und gelangt jetzt durch die tiefer grabenden Untersuchungen Dinglers zur Anerkennung. . . .

Wir gehen nicht darauf ein, wie der Grundgedanke Dinglers sich bei der Begründung der Logik und der reinen Mathematik bewährt. Für die Physik insbesondere legt der Verfasser dar, daß es ihm zunächst darauf ankommt, Elementarvorgänge zu finden, auf die sich ein ganzes großes Gebiet der Wirklichkeit aufbauen läßt. Irgend ein komplizierterer Vorgang dieses Gebietes wird sich dann dadurch auf den Elementarvorgang zurückführen lassen, daß man aus ihm eine Reihe von Einzelvorgängen herauslöst, die in Verbindung mit dem Elementarvorgang den Gesamtvorgang möglichst genau decken; dies Verfahren nennt der Verfasser Exhaustionsverfahren. In ähnlicher Weise wie zum Elementarvorgang gelangt er auch zum Begriff des starren Körpers als eines Dinges, das nur durch Änderung unserer Entfernung von ihm, also durch seine oder unsere Bewegung Veränderungen erleidet, dessen Verhalten also ein Minimum von Bestimmungen aufweist; hierauf gründet sich die theoretische Geometrie. Eine besondere Rolle spielt ferner im System des Verfassers die Kausalität. Als einfachste Form der Abhängigkeit betrachtet er den Fall, daß zwei homogene kugelförmige Körper, mit charakteristischen Wirkungsgrößen m_1 und m_2 behaftet, sich im Abstande r voneinander befinden. Dann wird durch eine Reihe von Festsetzungen nicht bloß das Auftreten einer Beschleunigung, sondern auch ihre Größe gemäß dem Newtonschen Elementargesetz festgelegt. „Die so gefundene Abhängigkeit ist die einzige, die wir einführen und deren wir bedürfen“. Jede andere Wechselbeziehung in der Welt, wie sie auch beschaffen sein mag, soll auf diese zurückführbar sein. Mit dieser Grundforderung ist das Prinzip der ganzen Synthese, die in der theoretischen Physik ausgeführt werden soll, gewonnen. Es wird im besonderen daraus gefolgert, daß es nur eine einzige Molekularkraft gibt, nämlich eben die Gravitation. Auch die Eigenschaften der Materie müssen in dem synthetischen Aufbau auf kleine Massenteilchen, die nach dem Newtonschen Gesetz aufeinander wirken, begründet werden. Dabei wird der Fortschritt zu immer kleineren Arten von Massenteilchen sich als geboten herausstellen und die Anzahl der Stufen zu solchen immer feineren Massenteilchen ist prinzipiell unbegrenzt (S. 51), d. h. man hat gegebenenfalls Atome der zweiten, dritten usw. Ordnung anzunehmen, und alles Geschehen muß sich schließlich in Wirkungen der Fernkraft auflösen lassen. Die heutige Mechanik mit ihrer im wesentlichen statistischen Erfassung der Wirklichkeit bedeutet nur ein vorläufiges Stadium der Wissenschaft, die erst durch die synthetische Darstellung vollendet wird.

Der Frage eines absoluten Bezugssystems steht der Verfasser keineswegs so ablehnend gegenüber, wie die Mehrzahl der neueren Forscher; er erkennt vielmehr die Möglichkeit einer immer größeren Annäherung an ein solches System an, indem er gemäß dem Verfahren der praktischen Astronomie sich an die tatsächliche Verteilung der Fixsterne im Weltall hält. (Ein Bezugssystem innerhalb eines leeren Raumes wäre selbstverständlich ein Nonsens.) Er gewinnt dadurch für sein synthetisches Weltbild eine Fühlung mit der Wirklichkeit, die die ganze Weite und Fülle des Seins umfaßt.

Unter den Konsequenzen, die der Verfasser aus seiner Auffassung zieht, wird besonders seine Stellungnahme zu den neueren Relativitätstheorien interessieren. Er muß von seinem Standpunkt aus die Nötigung zu derartigen Verallgemeinerungen ablehnen. Andere Anwendungen beziehen sich auf die Metaphysik, auf die Wahrscheinlichkeitsrechnung, auf die Mendelschen Vererbungsgesetze, auf die Kantsche Axiomenlehre. Ein kurzer geschichtlicher Überblick legt den Zusammenhang der Lehre von den synthetischen Prinzipien mit den großen Vorläufern vom griechischen Altertum an dar. *P.*

4. Unterricht und Methode.

Methodik des mineralogisch-geologischen Unterrichts[1]). Von Dr. JULIUS RUSKA, a. o. Prof. a. d. Univ. u. Prof. a. Gymn. zu Heidelberg. Das vorliegende Buch ist eine der bedeutendsten Arbeiten, die in der letzten Zeit auf dem Gebiete der naturwissenschaftlichen Didaktik erschienen sind. Keiner wird es aus der Hand legen, ohne mannigfaltige und nachhaltige Anregungen von ihm erhalten zu haben, auch wenn er in wesentlichen Punkten nicht mit ihm übereinstimmen sollte. Ein für sein Fach begeisterter Schulmann, den seine Vielseitigkeit auch in die akademische Lehrtätigkeit aufsteigen ließ, hat hier auf Grund einer längeren Lehrerfahrung an der Heidelberger Oberrealschule die Feder geführt. Die gesamten Ausführungen des Buches gipfeln teils in allgemeinen Forderungen hinsichtlich der Bedeutung und Erweiterung des gesamten naturwissenschaftlichen Unterrichts, teils in besonderen Forderungen, die sich auf die Ausgestaltung von Mineralogie — einschließlich Krystallographie — und Geologie, sowie auf deren Beziehungen zu anderen naturwissenschaftlichen Fächern, insbesondere zur Chemie, erstrecken. Von den ersteren sei besonders hervorgehoben, daß über der Pflege des Technischen, die ein Vorrecht der realistischen Anstalten bleiben wird, die Natur nicht vergessen werden darf; und daß Biologie, Geologie und Geographie in den Oberklassen aller neunklassigen Anstalten in irgend einer Form zum Wort kommen müssen. „Der Überzeugung von der Notwendigkeit solcher Reformen bei Fachlehrern und Unterrichtsbehörden die Wege zu bahnen, betrachte ich als eine der wichtigsten Aufgaben dieser Methodik.“ Diese Forderungen des Verfassers befinden sich in Übereinstimmung mit den letzthin aufgestellten Leitsätzen der „Groß-Berliner Vereinigung für biologischen, chemischen und erdkundlichen Unterricht“, in denen verlangt wird, daß naturwissenschaftlicher Unterricht auf allen Klassen aller Schulen ein Hauptfach bilden müsse.

[1]) Mit 35 Textabb. u. 1 Bildtf., Stuttgart, F. Enke 1920. VIII u. 520 S.

Hinsichtlich des oben erwähnten zweiten Punktes gliedert der Verfasser seine Aufgabe zunächst in drei Hauptteile: Die Methodik der Unterstufe, „Mineralogie und Geologie als Naturkunde“; die der Mittelstufe, „Mineralogie und Geologie in Verbindung mit dem chemischen Unterricht“, und die der Oberstufe, „Mineralogie und Geologie als didaktische Einheit in selbständiger Behandlung“; voran geht noch ein kürzerer Abschnitt (S. 1/33), „Allgemeine Methodik“, in dem die Geschichte der Mineralogie und der Geologie trefflich beleuchtet wird und die formalen und materialen Aufgaben des mineralogisch-geologischen Unterrichts aufgestellt werden. Diese drei Hauptabschnitte enthalten einerseits eine Fülle von wertvollen Angaben und Unterrichtserfahrungen, andererseits Ansichten über das Verhältnis von Mineralogie und Geologie zur Chemie, die einer näheren Beleuchtung bedürfen. Es wird dadurch die ganze Frage wieder aufgerollt: Soll die Mineralogie — die sowohl für ihren systematischen Aufbau wie auch für die Erfassung des einzelnen Minerals in seiner anerkannt wichtigsten Eigenschaft (nämlich seiner chemischen Natur) wirklicher, auf Grund zwingender Versuche gewonnener chemischer Einsichten unstreitig bedarf — schon vor dem chemischen Unterricht auftreten? Oder soll sie mit der Chemie entweder zu einer Unterrichtseinheit verschmolzen oder ihr bruchstückweise angegliedert werden? Oder soll sie nach dem chemischen Unterricht (oder wenigstens nach der rationellen Grundlegung der Chemie) noch einmal im Zusammenhange, die erwähnten Bruchstücke verschmelzend, auftreten und nun die natürliche Grundlage zu der sich unmittelbar anschließenden Geologie bilden? Der Verfasser tritt für einen mineralogischen Unterricht vor dem chemischen ein und stellt hierzu u. a. folgenden Leitsatz auf: „Der mineralogische Unterricht muß als wesentlicher Teil der Naturkunde schon in den Unterklassen mit dem biologischen Unterricht einsetzen. Er muß nach denselben Grundsätzen wie der biologische Unterricht erteilt und

von Klasse zu Klasse weitergeführt werden." Ref. vermag, trotz aller Liebe zur Mineralogie und Geologie, hier dem Verfasser nicht zu folgen. Gewiß liegt es nahe, zumal für Schulen in gebirgiger Gegend, schon mit Schülern der unteren Klassen auch auf die unorganische Natur zu achten und ihnen einiges davon, besonders auf Lehrausflügen, mit Vorsicht nahe zu bringen. Aber eine so geschlossene systematische Darstellung der Mineralogie zu geben, wie sie in den dort angeführten Büchern „Leitfaden" und „Grundzüge der Mineralogie" des Verfassers vorliegt (vgl. die ausführlichen Besprechungen in ds. Ztschr. 25, 264; 1912 und 27, 199; 1914), halten wir nicht für die richtige und allgemein gültige Lösung der Frage. Denn im ganzen liegt das Interesse der Schüler auf diesen Stufen vielmehr bei den lebensvollen Gebilden der Pflanzenwelt und noch mehr bei allem, was kriecht und fliegt. Vor allem aber wird unvermeidlich, wie das auch in jenen Lehrgängen geschieht, der Chemie in einer Weise vorgegriffen, die man vom Standpunkt dieses Unterrichts aus nicht gelten lassen kann. So werden u. a. zwei fundamentale Dinge, die chemische Zeichensprache und das chemische Gewichtsgesetz, die zweifellos weitgehender experimenteller Begründung bedürfen, ohne weiteres mitgeteilt, und es wird von da an bei jedem folgenden Mineral gleich die Formel seiner chemischen Zusammensetzung mit zur Überschrift gestellt usw. Ein solches Vorgehen muß in chemischer Hinsicht zu Oberflächlichkeit führen. Wenn ARENDT und WILBRAND einen ausführlichen, streng induktiv fortschreitenden Lehrgang zur chemischen Untersuchung der Luft aufgestellt haben, den Ref. sich bemüht hat, in wesentlichen Punkten noch zu verbessern, wenn weiterhin ähnlich induktive Lehrgänge für das Wasser und die Wasserstoffflamme ausgearbeitet wurden usw., so ist das unter Umständen alles hinfällig, denn der Schüler hat ja schon in der Mineralogie gelernt, daß die Luft ein Gemenge von Sauerstoff (O) und Stickstoff (N) ist und daß das Wasser aus Sauerstoff und Wasserstoff (H) besteht, die Formel H_2O besitzt usw. Durch solche Vorwegnahme wird die didaktische Kraft geschlossener induktiver Gedankengänge, die wichtigste Seite des chemischen Unterrichts, aufs empfindlichste geschädigt. Auch sonst wird die im Buche gebotene Kennzeichnung der Chemie der Bedeutung und umfassenden Aufgabe dieses Lehrgegenstandes nicht ganz gerecht, sie ist zu eng fast nur auf Analyse und Synthese eingestellt.

Ein weiteres Moment gegen das frühzeitige Einsetzen eines mineralogischen Unterrichts, der die Krystallographie so intensiv betreiben will, wie es im vorliegenden Buch durchgeführt ist, bildet die Tatsache, daß auf der „Unterstufe", einschließlich U III, das mathematische Verständnis noch zu wenig geschult ist — der Verfasser rechnet nämlich zur „Unterstufe des mineralogischen Unterrichts" alle vor dem Beginn des Chemieunterrichts gelegenen Klassen, und denkt sich den Abschluß des mineralogischen Unterrichts in U III, dem die Geologie als Abschluß des naturkundlichen Unterrichts in O III folgt. Dies wird auch noch gelten, wenn im Betrieb des mathematischen Unterrichts eine Änderung eintreten sollte; der Verfasser erhebt nämlich gegen die landläufige euklidische Geometrie mit ihrem Beweisschematismus u. a. den Vorwurf, daß sie den Schüler „raumblind" mache. Auf diese treffenden Ausführungen seien die mathematischen Herren Kollegen eindringlich hingewiesen; sie werden vieles davon gelten lassen müssen. Hier sucht nun der Verfasser mit einem außerordentlich zweckmäßigen Modellierverfahren auszugleichen. Es werden aus mit Sand verkneteter Plastilinmasse die verschiedenartigen Krystallgestalten unmittelbar herausgeschnitten. Hier liegt in der Tat ein bedeutsames Hilfsmittel vor. Ehe das Plastilin aufkam, hat Ref. in ähnlicher Weise mit plastischem Ton gearbeitet, insbesondere mit einem einfachen Apparat, der das Gesetz der Parallelflächigkeit zum Ausdruck bringen sollte, und der aus zwei parallel, in variierbarem Abstand, festgestellten Weißblechen bestand, so daß immer gleich zwei (parallele) Schnitte hergestellt wurden; dieses Verfahren behält wohl bei einem Arbeiten im großen, für Demonstrationszwecke, seinen Wert; Ref. gibt aber sonst dem Plastilinverfahren RUSKAS unbedenklich den Vorzug; jeder, der krystallographischen Unterricht zu erteilen hat, sollte ihm nähertreten. Dennoch zeigt sich bei seiner Durchführung, bei dem Beziehen der Krystallflächen auf die verschiedenen Achsenkreuze, bei der Hemiedrie usw., daß mit der regelrechten Einführung in die Krystallographie auf dieser Stufe (IV u. U III) dem stereometrischen Auffassungsvermögen des Schülers doch zuviel zugemutet wird. „Krystallographie ist nun einmal eine mathematische Wissenschaft", heißt es auch im vorliegenden Buche, und jeder, der darin Unterricht erteilt hat, wird die Empfindung gehabt haben, daß er eigentlich nur die Geschäfte des Mathematikers dabei besorgt. Der vielseitige Nutzen krystallographischer Belehrung steht aber felsenfest. Vom Mathematiker wird man sie nicht ohne weiteres erwarten können. Wohl wird hin und wieder ein Mathematiker von der Schönheit der Aufgabe erfaßt; so liegen zwei etwas ältere, aber wertvolle Programm-Abhandlungen dazu vor: eine von W. ANDERS (Berlin, Lessing-G.), in der die Krystallgestalten und Krystallsysteme, vom monosymmetrischen beginnend, auf die Symmetrie gegründet werden, und

eine zweite von W. WAEGE (Berlin, Königst.-G.), bei der die Krystallformen dadurch auseinander abgeleitet werden, — z. B. das reguläre Oktaeder aus dem Würfel — daß die (abgeschnitten gedachten) Teilstücke als Pappmodelle für sich hergestellt werden, also abgenommen und wieder angesetzt werden können; diese beiden, mit instruktiven Figuren durchsetzten Arbeiten seien zur Ergänzung der im vorliegenden Buch angeführten Literaturnachweise hier eingeschaltet. Den rechten Nutzen hätten ja die krystallographischen Betrachtungen erst in O II und I — und was hier geleistet werden könnte, zeigt der Verfasser in wundervollen Beispielen, wie überhaupt die ganze Behandlung der Krystallographie zu den besonderen Glanzpunkten des Buches gehört. Andererseits teilen wir den Standpunkt des Verfassers, der den in der II einsetzenden Chemieunterricht von der Krystallographie entlasten möchte. Hier gibt es m. E. eigentlich nur einen Ausweg, doch gehört dessen nähere Erörterung nicht hierher (es sei nur angedeutet, daß dieser Unterricht innerhalb des mathematischen in einem zweistündigen Halbjahrskursus — U II, 1. Halbjahr, oder O III, 2. Halbjahr — vom Mathematiker oder besser vom Mineralogen zu erteilen wäre).

Die ganze Frage vom Verhältnis des chemischen zum mineralogischen Unterricht hat ja eine lange Geschichte und ist, nach der Meinung des Ref., im ganzen wohl dahin geklärt, daß es unzweckmäßig ist, allgemein mit der Mineralogie ohne Chemie zu beginnen. So kam es, daß in den meisten deutschen Bundesstaaten der mineralogische Unterricht entweder in die Chemie hinein oder ans Ende derselben gelegt wurde — eine der Bedeutung der Schulchemie durchaus entsprechende Maßnahme. Diejenigen, die sonst noch die Chemie von der Mineralogie „befreien" wollen, dürften mehr die Belastung durch Krystallographie im Auge haben, für deren Herausnahme, wie erwähnt, auch Ref. eintritt. Aber die Mineralien selbst sind zu eng mit der Chemie verwachsen und können gerade durch diese vorzüglich zur Geltung gebracht, um nicht zu sagen belebt, werden. Das zeigt jetzt wieder das schöne neue Lehrbuch der Anorganischen Chemie von KARL A. HOFMANN, in welchem gerade die Mineralien nach ihrem natürlichen Vorkommen und in ihrer Bedeutung für die großen chemischen Vorgänge in der Natur eine ausgezeichnete Berücksichtigung gefunden haben. Hierdurch ist der neueste Standpunkt der Hochschuldidaktik gekennzeichnet. Die chemische Schuldidaktik muß ja in verschiedenen Beziehungen ihre eigenen Wege suchen, wird aber doch in dieser ziemlich weitgehenden Einbeziehung der Mineralien in die Chemie gern mit der Hochschuldidaktik Hand in Hand gehen.

In dem vorerwähnten 2. Hauptabschnitt tritt der Verfasser für eine mineralogisch-geologische Unterstufe ein, was den badischen Lehrplänen entspricht, die wiederum in dem mineralogisch und geologisch reich bedachten Gelände ihre Erklärung finden. In dem Unterabschnitt „Mineralogie und chemischer Vorkurs in organischer Verknüpfung" wird der Lehrgang im „Leitfaden der Chemie und Mineralogie" des Ref. näher dargelegt. Hier oder auch bei den „Sammlungen" hätte die Progr.-Abh. des Ref. „Ein Plan zur Beschaffung von Mineralien" (Berlin, Humboldt-G. 1894) Erwähnung finden können. Weiterhin wird zu der Behandlung der Mineralogie in den Lehrbüchern von ARENDT-DOERMER und K. SCHEID Stellung genommen. Die schönste Leistung des Buches erblicken wir jedoch in dem oben genannten, die Oberstufe behandelnden 3. Hauptabschnitt. Man wird allgemein dem Verfasser beistimmen, wenn er sagt, daß „eine wissenschaftliche Behandlung der Mineralogie und Geologie erst in den Oberklassen möglich ist, nachdem physikalischer und chemischer Unterricht vorausgegangen ist". Hier schöpft der Verfasser in besonderem Maße aus seinem reichen Wissen und gibt für die Behandlung großzügige Richtlinien an. Wir erwarten von ihm das diesem schönen Aufbau entsprechende Lehrbuch für die Oberstufe. Hier wird auch die Krystallographie endgültig behandelt; der Verfasser setzt sich mit den Arbeiten von NAUMANN, MILLER, GROTH, LIEBISCH u. a. auseinander, lehnt jedoch die von K. SCHULZ vorgeschlagene, im ganzen Th. LIEBISCH folgende Behandlung der Krystallographie als zu abstrakt im wesentlichen ab. Die Grenzen der Anwendbarkeit der „Exkursionsmethode" in der Geologie werden treffend gekennzeichnet. Ergänzt werden diese ganzen Ausführungen noch durch einen inhaltreichen Abschnitt über „Die Hilfsmittel des Unterrichts" (S. 439–477), dem zwei kürzere Abschnitte mit zweckmäßigen Vorschlägen über „Die Vorbildung und Weiterbildung des Lehrers" und über die „Gegenwart und Zukunft des Unterrichts" folgen. Hier könnte noch ein hervorragendes Anschauungsmittel, „Die Geologische Wand" von E. ZACHE (Berlin, Andreas-Rg.) — die neuerdings vom Humboldthain in den Pflanzengarten der Stadt Berlin bei Blankenfelde überführt worden ist —, nebst der zugehörigen Schrift Erwähnung finden; diese Wand ist auf dem Gebiete des geologischen Unterrichts eine Tat, von der zu wünschen ist, daß sie in recht vielen Städten Nachahmung finden möchte.

Es ist unmöglich im Rahmen eines Berichtes ein befriedigendes Bild von dem reichen Inhalt des Buches zu geben. Jeder, der mit mineralogisch-geologischem Unterricht zu tun hat, muß es besitzen und wird sich stets mit Genuß darin vertiefen. *O. Ohmann.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1918. Dargestellt von der Deutschen physikalischen Gesellschaft. 74. Jahrgang. I. Abteilung: Allgemeine Physik, Akustik, physikalische Chemie, red. von K. SCHEEL. 208 S. II. Abteilung: Elektrizität und Magnetismus, Optik des gesamten Spektrums, red. von K. SCHEEL. 288 S. III. Abteilung: Kosmische Physik, red. von R. SÜRING. 243 S.

Mit diesem Jahrgang haben die Fortschritte der Physik, der Dauer eines langen Menschenlebens entsprechend, ihren Abschluß erreicht. Sie werden fortan in anderer Form, als „Physikalische Berichte" erscheinen, die gemeinsam von der D. physikal. Gesellschaft und der D. Gesellschaft für techn. Physik herausgegeben werden. Diese sollen den Veröffentlichungen so rasch folgen, daß sie auch die „Beiblätter der Physik" überflüssig machen. Die vorliegenden drei Bände sind noch von dem alten Stamm der Mitarbeiter bearbeitet, der III. Band hat in R. Süring in Potsdam als Herausgeber einen Ersatz für den verstorbenen Aßmann gefunden.

Das nun abgeschlossene Werk, in den letzten Jahrzehnten von B. Schwalbe, R. Börnstein und dem unermüdlichen K. Scheel herausgegeben, wird als Denkmal deutschen Fleißes und deutscher Gründlichkeit stets in hohem Ansehen bleiben. *P.*

Kompendium der Experimentalphysik. Von Prof. Dr. GEORG BERNDT. 2. verb. u. verm. Auflage. Mit 59 Figuren. Leipzig, S. Hirzel, 1920. 211 S. Geb. M. 16,—.

Das Buch soll ein Kollegienheft ersetzen, zugleich ein Repetitorium für Prüfungen und zur raschen Auffrischung der Kenntnisse darstellen. Es gibt auch keine Ableitungen, sondern nur Resultate. Damit ist schon die begrenzte Brauchbarkeit des Buches gekennzeichnet, das mehr dem Gedächtnis zu Hilfe kommen, als der Vertiefung der Einsicht dienen will. Die neue Auflage, acht Jahre nach der ersten erschienen, ist in vielen Kapiteln, namentlich auf dem Gebiete der Elektrizität, beträchtlich umgearbeitet worden. Neu eingefügt ist ein Abschnitt über den dritten Hauptsatz der Wärmelehre (Nernstsches Wärmetheorem). *P.*

Kleiner Leitfaden der praktischen Physik. Von FRIEDRICH KOHLRAUSCH. 3. Auflage, neu bearbeitet von Dr. HERMANN SCHOLL, a. o. Prof. a. d. Universität Leipzig. Mit 165 Abbildungen. Leipzig, B. G. Teubner, 1919. 324 S. Geb. M. 10,—.

Aus dem Vorwort dieser Neubearbeitung ist besonders bemerkenswert, daß das Buch in seiner jetzigen Gestalt vornehmlich für solche bestimmt ist, denen die Physik eine Hilfswissenschaft ist, also für Mediziner, Chemiker, Pharmazeuten, Techniker, und auch für Lehramtsanwärter. Wennschon für letztere ein höheres Maß wissenschaftlicher Durchbildung erwünscht ist, so wird sich doch der Durchschnitt der künftigen Oberlehrer damit begnügen dürfen, den hier dargebotenen, immerhin recht ansehnlichen Grundstock praktischer Übungen durchgearbeitet zu haben. Es ist auch dankenswert, daß der Bearbeiter sich nicht auf die Meßverfahren beschränkt, sondern das ganze praktisch-physikalische Arbeiten, soweit es für den vorgesehenen Leserkreis in Betracht kommt, berücksichtigt hat. Ausführlichere Behandlung haben besonders auch die neueren Gebiete der Elektrizitätslehre (elektrische Schwingungen, Röntgenstrahlen, Radioaktivität) erfahren. Die Anzahl der behandelten Gegenstände beträgt rund 100, die der angefügten Zahlentafeln 37. Sicherlich wird die Lebenskraft des „großen Kohlrausch" sich auch an dem „kleinen" erweisen. *P.*

Lehrbuch der Physik. Von O. D. CHWOLSON. 2. verbesserte und vermehrte Auflage. II. Bd., 1. Abt.: Die Lehre vom Schall. Herausgegeben von GERHARD SCHMIDT, Prof. a. d. Univ. Münster i. W. Mit 93 Abbildungen. Braunschweig, Friedrich Vieweg u. Sohn, 1919. 151 S. M. 7,—, geb. M. 9,60 + T.-Z.

Dieser Teil hat nicht eine so eingreifende Umgestaltung erfahren, wie der erste, die Mechanik darstellende Band (vgl. d. Zeitschr. 33, 31). Der Herausgeber hat sich darauf beschränkt, das Werk an einigen Stellen zu ergänzen und die Literaturübersichten fortzuführen. Nur im 4. Kapitel ist ein neuer Paragraph über die Absorption des Schalles hinzugefügt. *P.*

Lehrbuch der Physik für Mediziner, Biologen und Psychologen. Von Dr. ERNST LECHER, Professor a. d. Universität Wien. 3. verb. Auflage. Mit 501 Abbild. Leipzig, B. G. Teubner, 1919. 440 S. M. 10,—, geb. M. 12,—.

Die erste Auflage, 1912 erschienen, wurde in d. Zeitschr. 26, 197 besprochen. Noch immer ist der Satz stehen geblieben, daß Robert Mayer die Zahl für das Wärmeäquivalent auf spekulativem Wege der Größenordnung nach richtig bestimmt habe. Der Verfasser hat mit Rücksicht auf seine Leser einige mathematische Überlegungen gestrichen — was nicht alle ihm Dank wissen werden, und dafür neuere Ergebnisse der Röntgenforschung zugefügt, was gewiß allen willkommen sein wird. *P.*

Vom Kienspan bis zur Quecksilberlampe und dem Teslalicht. Von A. Forster, o. Prof. an der Universität Bern. Bern, R. Dech & Co., 1920. 64 S. M. 2,—.

Der Vortrag gibt in ansprechendster Form ein reiches Material zur Lehre vom Licht im allgemeinen und von der Beleuchtung im besonderen. Namentlich auch für volkstümliche Vorträge wird man hier viel brauchbares finden. Das Schriftchen kann aus diesem Grunde warm empfohlen werden. *P.*

K. Sumpfs Schulphysik. Methodisches Lehr- und Übungsbuch für höhere Schulen in zwei Lehrstufen. 10. verb. Auflage. Von Prof. Dr. H. Hartenstein. II. Lehrstufe. Mit 423 Abbildungen und 1 Spektraltafel. Hildesheim, August Lax, 1919. 322 S. Geb. M. 4,60.

Diese am engsten an die ursprüngliche Form sich anschließende Bearbeitung mutet zwar in mancher Beziehung etwas altmodisch an, bietet aber doch einen ziemlich umfangreichen, mit reichlichem Übungsmaterial durchsetzten Lehrstoff. Auch die Beigabe eines geschichtlichen Anhangs ist anzuerkennen. *P.*

Das Wesen des Lichts. Vortrag, gehalten in der Hauptversammlung der K. Wilhelm-Gesellschaft am 25. Okt. 1919. Von Max Planck. 22 S. Berlin, Julius Springer, 1920. M. 1,60.

Der Vortrag führt, von der historischen Entwickelung ausgehend, mitten hinein in die neuesten Probleme der Optik, die sich an die Hypothese der Energiequanten anschließen. Vor Nichtphysikern gehalten, bildet er ein Musterbeispiel populär-wissenschaftlicher Darstellung, wie sie nur ein Meister der Forschung zu geben vermag. *P.*

Über Relativitätsprinzip, Äther, Gravitation. Von P. Lenard in Heidelberg. Neue, vermehrte Ausgabe. 35 S. Leipzig, S. Hirzel, 1920. M. 5,—.

Die Schrift ist in erster Auflage 1918 im Anschluß an das Bekanntwerden der Arbeiten P. Gerbers erschienen, denen sie in höherem Maße gerecht wird, als manche allzu scharfe Kritik der jüngsten Zeit. Die Leistungen Einsteins, soweit sie die spezielle Relativitätstheorie betreffen, erkennt der Verfasser durchaus an, der allgemeinen Relativitätstheorie steht er ablehnend gegenüber und läßt sie nur für einen speziellen Fall, für ein Gravitationskräften unterworfenes System, gelten. Auch die bisherigen vermeintlichen Erfahrungsbeweise hält der Verfasser nicht für einwandfrei. Andererseits erscheint ihm die Annahme eines Weltäthers keineswegs als abgetan; er teilt die Grundzüge einer Hypothese der Ätherstruktur mit, die in einer bereits 1911 erschienenen Schrift „Über Äther und Materie“ ausführlicher auseinandergesetzt ist. Das vorliegende temperamentvoll geschriebene Schriftchen bietet trotz seines geringen Umfanges mehr Aufklärung über den heutigen Stand der Relativitätstheorie, als mancher umfangreichere Kommentar. *P.*

Astronomie in ihrer Bedeutung für das praktische Leben. Von A. Marcuse. 2. Auflage mit 26 Abbild. (Aus Natur und Geisteswelt, 378. Bdch.) 109 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1919. M. 1,60 + T.-Zuschl.

Das Schriftchen behandelt die geographische Ortsbestimmung bei Land-, See- und Luftreisen nebst den wichtigsten dazu dienenden Instrumenten, dann Zeitdienst und Kalenderwesen, die Beziehungen der Astronomie zur Erdphysik, insbesondere zum Erdmagnetismus und zur Meteorologie, endlich die Beziehungen zur medizinischen Wissenschaft, die in den Fehlern der Sinneswahrnehmung hervortreten. *P.*

Die Farbenlehre von Wilhelm Ostwald. II. Buch: Physikalische Farbenlehre. XII u. 259 S. 64 Textfiguren. Leipzig 1919, Verlag Unesma. M. 10,—, geb. M. 12,—.

Die aus der physikalischen Optik entnommenen bekannteren Tatsachen werden kurz, die Besonderheiten der Körperfarben eingehender dargestellt. In voller Ausführlichkeit sind die Gedanken und Messungen zusammenhängend dargestellt, die der Ostwaldschen Farbenlehre als neue physikalische Grundlage dienen: die Lehre vom Farbenhalb, die Messung des Farbtones, die Messung des Weiß- und Schwarzgehaltes, die Bezeichnung der Farben, die metameren Farben und die Farbnormen. Zahlreiche Vorausnahmen physiologischer und psychologischer Dinge, die im Zusammenhang in zwei späteren Bänden dargestellt werden sollen, waren nicht zu vermeiden, doch ist nur das Physikalische an der Farbenlehre Ziel dieses Bandes. *W. Vn.*

Einführung in die Farbenlehre von Wilhelm Ostwald. 174 S. 3 Tafeln, 17 Textfiguren. Leipzig 1919, Philipp Reklam jun. (Univ.-Bibl. 6041/4).

Dieses Büchlein soll die Kunde in weite Kreise tragen, daß Maß und Zahl nun auch das Gebiet der Farben beherrschen. In leicht verständlicher Weise werden die Probleme dargestellt, die Versuche der Lösung und der von Ostwald entdeckte Weg zum Ziel geschildert. Eine in vielen Stücken völlig neue Farblehre führt zu Farbnormen, die, wenn sie verloren gehen sollten, jeden Augenblick in übereinstimmender Weise wieder hergestellt werden können, deutet auf das einfachste bisher nur unklar empfundene Zusammenhänge und zeigt neue auf,

die vielleicht der Farbkunst Wegweiser zu neuen Entfaltungsmöglichkeiten sein werden.

W. Vn.

Die Farbschule, eine Anleitung zur praktischen Erlernung der wissenschaftlichen Farbenlehre. Von WILHELM OSTWALD. VI u. 48 S. 6 Tafeln. 11 Textfiguren. Leipzig 1919, Verlag Unesma. Geb. M. 7,50.

Für die Hand des Lehrers bestimmt, führt das Büchlein durch einfache Versuche und Vergleichungen zu den Grundlagen der Ostwaldschen Farbenlehre, zum Aufbau des alle überhaupt möglichen Farbtöne enthaltenden Farbkörpers und zu einer Reihe wichtiger Anwendungen. *W. Vn.*

Vierstellige Tafeln zum logarithmischen und Zahlenrechnen für Schule und Leben. 28 S. Von Dr. PH. LÖTZBEYER. Leipzig, B. G. Teubner, 1919. M. 1,40 nebst T.-Z.

Das Heft gibt die logarithmischen Tafeln in neuer eigenartiger Anordnung. Es enthält ferner ausführliche Anweisungen zum Gebrauch des Rechenschiebers, Zahlentafeln zur Ermittelung der Zinstage, der Aufzinsungs- und Abzinsungsfaktoren, Sterbetafel, Quadratzahlen und Kuben, zweite und dritte Wurzeln, astronomische und physikalische Konstanten, Tabellen zur Umwandlung von Maßen, Gewichten und Münzen. Es wird besonders überall da willkommen sein, wo auf die Anwendungen der Mathematik Wert gelegt wird. *P.*

Ultrastrukturchemie, ein leichtverständlicher Bericht von ALFRED STOCK. Mit 17 Textabbildungen. Berlin, Julius Springer 1920. 4 + 81 Seiten. Geh. M. 6,— + Teuerungszuschl.

Mit Riesenschritten geht die Erforschung des Aufbaus der Atome voran. Die radioaktiven Daten, der Bau der Röntgenspektra und der verschiedenen Spektralserien im sichtbaren Gebiet sind die wichtigsten Ausgangspunkte der neuen Lehre, die vorerst meist von Physikern ausgebaut wird. Es ist ein schwieriges Unterfangen, ein neues Gebiet, auf dem noch alles in Fluß ist, aus der Vogelperspektive leicht faßlich, übersichtlich darzustellen. Aber das ist STOCK, der nicht nur ein feiner Experimentator, sondern auch ein ausgezeichneter Stilist ist, in diesem, dem Andenken Emil Fischers gewidmeten Bändchen sehr gut gelungen. Vielleicht wäre bei einer neuen Auflage, die das zeitgemäße, nützliche Werk ja bald erleben wird, noch eine intensivere Ausnutzung der angeführten Zahlen nach der quantitativen Seite möglich, so eine Ableitung der Planckschen Universalkonstante; für Chemiker ist der Nachweis, daß gesättigte Lösungen von gewöhnlichem Bleinitrat und von Radium G-Nitrat trotz verschiedener spezifischer Gewichte und Prozentgehalte doch die gleiche Anzahl von Salzmolen enthalten, noch interessanter als der bekanntere Nachweis, daß die Atomvolumina der beiden Metalle gleich sind.

Die Schlußbemerkung, daß „die Chemiker sich bei der Bearbeitung der Fragen, die sie so nahe angehen, zunächst zurückhalten müssen, wenn ihnen das Herz auch blutet", ist nur sehr cum grano salis zu verstehen, wo doch von chemischer Seite schon der erfolgreiche Versuch gemacht worden ist, einfache Wärmetönungen aus dem Gebiet der anorganischen und organischen Chemie auf Grund der neuen Vorstellungen zu berechnen!

Wer sich über manche der in dem kleinen Buch nur gestreiften Fragen näher unterrichten will, sei auf die vorzüglichen Aufsätze namentlich von Kossel-München in den „Naturwissenschaften" hingewiesen. *W. Roth, Braunschweig.*

Radioaktive Leuchtfarben von Prof. Dr. G. BERNDT. (Sammlung Vieweg, Heft 47). Braunschweig, Vieweg & Sohn 1920. IV + 108 S. Mit 28 Figuren im Text und einer Tafel. M. 7,60 + T.-Zuschl.

Die Anwendungen der radioaktiven Leuchtfarben auf Uhren und Kompassen sind namentlich im Krieg Allgemeingut geworden, das ziemlich verwickelte Entstehen und Vergehen der Leuchterscheinungen aber ist noch niemals zusammenhängend behandelt worden.

Diese Lücke füllt der Verfasser aus, der als der wissenschaftliche Mitarbeiter einer unserer größten optischen Firmen der berufene Praktiker und Theoretiker ist, auch sehr interessante eigene Messungen und Aufnahmen beizusteuern hat.

Das zweite Kapitel „Radioaktivität" und der Abschnitt 3a „Radioaktive Messungen" könnten wohl kürzer behandelt werden oder sogar ganz wegfallen, besonders da letztere in einem soeben im gleichen Verlage erschienenen Hefte der Sammlung „Die Wissenschaft" von zwei Spezialforschern ganz ausführlich behandelt werden.

Um so willkommener sind die anderen Kapitel des Büchleins: Phosphoreszenz, Zusammensetzung und Herstellung der Leuchtfarben, ihre Prüfung und Messung, Verwendung, Statistik und Ökonomie. *W. Roth, Braunschweig.*

Ionentheorie. Von Dr. P. BRÄUER, Prof. a. Rg. in Hannover. Mit 9 Fig. (Heft 38 der „Math.-phys. Bibl." von W. Lietzmann u. A. Witting) Leipzig, B. G. Teubner 1919. 51 S. M. 1,—.

Die kleine Schrift gibt in 13 Kapiteln eine treffliche Übersicht über die wichtigsten chemischen und elektrischen Vorgänge, bei denen die Ionen eine maßgebende Rolle spielen. Es sei allen empfohlen, die keine Gelegenheit haben, sich aus den besseren Lehrbüchern der Chemie

über die so wichtig gewordene Theorie zu unterrichten. Bei der Wiedergabe der Gesetze und Forschungsergebnisse würde durch ganz kurze historische Hinweise oder bloße Namennennung die Darstellung noch wesentlich gewinnen. *O.*

Logarithmische Rechentafeln für Chemiker, Pharmazeuten, Mediziner und Physiker. Begründet von Prof. Dr. F. W. Küster †. Für den Gebrauch im Unterrichtslaboratorium und in der Praxis berechnet und mit Erläuterungen versehen. Nach dem gegenwärtigen Stande der Forschung bearbeitet von Prof. Dr. A. Thiel. 22., verm. und verb. Auflage. Berlin und Leipzig 1920. Vereinigung wissensch. Verleger (Walter de Gruyter & Co.). 120 S. M. 10,—, geb. M. 13,50.

Die letzte Auflage des vielverbreiteten, dem Chemiker unentbehrlichen „Küster-Thiel", der mit den international angenommenen Atomgewichten beginnt! Denn für 1921 geben die Alliierten eine Tabelle heraus, von deren Mitbearbeitung wir ausgeschlossen sind, so daß das alte Schisma, ein Nebeneinander mehrerer nationaler, nicht internationaler Atomgewichtstabellen wieder aufkommt. An der Anordnung des Stoffs ist nichts geändert, der kleinen Änderung in den vierstelligen Logarithmentafeln braucht nicht besonders gedacht zu werden.

Hingegen hat der Referent schon seit einiger Zeit folgende Wünsche: Die Gasdichten sind nach den sehr genauen modernen Bestimmungen der Genfer Schule zu revidieren, eine Tabelle über die Größe des Molekularvolumens bei verschiedenen Drucken und Temperaturen möge die Molekulargewichtsbestimmung nach der Victor Meyerschen Dampfdichtemethode pädagogisch vereinfachen, die kryo- und ebullioskopischen Konstanten sollten, wie jetzt fast allgemein üblich, auf 1 Mol in 1000, nicht in 1 g Lösungsmittel, bezogen werden; für das mechanische (besser elektrische) Wärmeäquivalent hat man bisher einen um 1 Promille zu hohen Wert benutzt, durch Benützung eines richtigeren Zahlenwertes (4,184 statt 4,189 für das Verhältnis von Wattsekunde zu g-cal.) verändern sich verschiedene Größen auf S. 44. Ob die vom Verfasser in einem Anhang vorgeschlagenen neuen Konzentrationsbezeichnungen Norcent, Volum-Normille sich einbürgern, möchte der Referent bezweifeln.

Die kleinen Ausstellungen und Wünsche betreffen nur Einzelheiten; sie sollen nur bewirken, daß das nützliche Buch noch vollkommener und unentbehrlicher wird. *W. Roth, Braunschweig.*

Anorganisch-chemisches Praktikum. Qualitative Analyse und anorganische Präparate. Von Dr. E. H. Riesenfeld, Prof. a. d. Univ. Freiburg i. B. 4. Aufl. Mit 16 Abb. Leipzig, S. Hirzel, 1920. 350 S. Geb. M. 20,—.

Das den Lehrstoff sehr übersichtlich und ausführlich bietende Buch wurde bereits in dieser Ztschr. (24, 125) näher besprochen. Für das chemische Praktikum an höheren Lehranstalten sei besonders darauf hingewiesen, daß hier nicht nur die allgemeinen Operationen genauer gekennzeichnet werden, sondern auch die zahlreichen (61) Präparate eine sehr sorgfältige Behandlung erfahren haben und allenthalben viele nützliche Winke und praktische Ratschläge eingestreut sind. Bei der Reinigung von Hg konnte auch der außerordentlich schnell und sicher arbeitende Quecksilberreiniger von Palmaer erwähnt werden. *O.*

Metalle und Chemikalien. Produktion, Handel, Konsum 1919. Mit graphischen Darstellungen. Als Mskr. gedruckt. Continent. Export Co. J. und F. Mainz, Hamburg 11, Altenwallbrücke 2/4. 86 S.

Die graphische Darstellung erobert sich immer weitere Gebiete. In die Statistik ist sie auch längst eingedrungen, aber noch keineswegs in gebührendem Maße. Hier ist der weit überwiegende Teil einer graphischen Bearbeitung fähig, die den Leser von dem mühsamen Durcharbeiten langer Tabellen mit einem Schlage befreit. In der vorliegenden Schrift ist sie mit Vorteil und recht mannigfaltig verwendet, könnte aber noch ausgedehnter sein. Als graphische Mittel sind außer Kurven noch Säulen und Kreise benutzt. Die Metalle sind vorwiegend berücksichtigt. Die steil ansteigenden Kurven bei einigen Metallen, wie Kupfer und Zinn, geben ein trauriges Bild von der Preissteigerung allein innerhalb der letzten 7 Monate des Jahres. In der Zinnerzeugung stehen die Malaienstaaten obenan mit einer Jahresproduktion (1915) von 47000 t, in der Wolframerzeugung hat Birma mit 1020 t (1911) und 2265 t (1915) Australien (mit 1147 bzw. 825) beträchtlich überflügelt, in Rußland ist die Platinerzeugung von 250 Tausend-Unzen (1913) auf 63 (1916) und 100 (1917) zurückgegangen, in Columbien in derselben Zeit von 15 auf 30 gestiegen. Interessant sind auch die Preisschwankungen bei verschiedenen Chemikalien. Man kann der Schrift auch für den Unterricht mancherlei entnehmen, namentlich verschiedene wertvolle graphische Darstellungen zur unmittelbaren Wiedergabe. *O.*

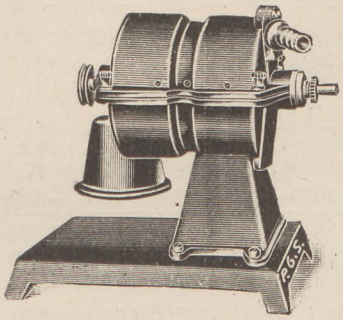
Mitteilungen aus Werkstätten.

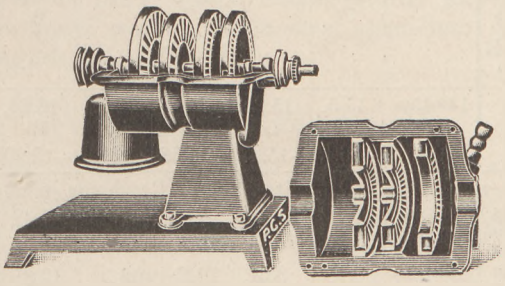
Modell der Dampfturbine.

Aus der Werkstätte von Paul Gebhardt Söhne in Berlin C 54.

Das Modell ist gangbar und auseinandernehmbar. Auf einem schrägen Untersockel ruht ein rundes Trommelgehäuse, dessen obere Hälfte abnehmbar ist. Der Radsatz ist fertig auf der Achse befestigt; mittels Kugellager ist eine äußerst leichte reibungsfreie Drehung des Rotors gewährleistet. Am oberen Gehäuseteil ist eine Einstrahldüse angebracht, die durch Zwischenwand geteilt ist und den Dampf auf Kammern des ersten Rades leitet. Das erste auf der Achse befestigte Rad mit 2 Laufkränzen ist das Hochdruckrad; der einströmende Dampf wird durch den dazwischen liegenden Leitkranz vom ersten Schaufelkranz in den zweiten Schaufelkranz geleitet. Weiter wird durch die noch im Gehäuse befestigten Leitkränze der Dampf in die Niederdruckräder geleitet. Da beim Durchlaufen des Dampfes durch die Schaufelsysteme eine Entspannung eintritt, wird diese Druckabnahme durch die stufenweise Vergrößerung der Kammern ausgeglichen. Die geteilten, in den beiden Gehäusestücken sichtbaren Leitradsysteme zeigen den Schnitt der Dampfkammern deutlich.

Das Gehäuse besteht aus Gußeisen, die Räder und Leitkränze aus Messing und Bronze. Die Achse ist aus Stahl und läuft in Kugellagern. Die äußeren Maße des Gehäuses betragen ca. 160 mm Länge und 140 mm Durchmesser.





Die Turbine arbeitet mit einem Druck von 1½ bis 2 Atmosphären bei einer Umdrehungszahl von ca. 3000 Touren. Bei Mangel an Dampfkraft ist die Benutzung von Druckluft oder einer Sauerstoffbombe zu empfehlen.

Der ganze Aufbau und die sehr übersichtliche Anordnung des Modells erleichtern die Erklärung der Dampfturbine für den Unterricht ungemein.

Der Preis des Modells beträgt: M. 750 und 150% Teuer.-Zuschl.

Korrespondenz.

Der Versuch zur Zentrifugalkraft von Chambré *(Heft 4, S. 142)* ist für den Fachmann, der den Betrachtungen des Verfassers folgt, durchaus nicht selbstverständlich. Wenn der Körper K in der auf den Kopf zu stellenden Figur 2 bei der Rotation schwebt, so reichen Schwere, Zentrifugalkraft und Widerstand der Tellerwand zur Erklärung nicht aus. Von diesen drei Kräften liefert nur die Schwere eine senkrechte Komponente, die durch nichts aufgehoben wird. Der Versuch kann nur gelingen, wenn noch eine starke Reibung mitwirkt, wodurch die entstehende Geschwindigkeit nach unten in jedem Augenblick vernichtet wird. Ist ϱ der Reibungskoeffizient, m die Masse, so ist die Reibung im Maximum $= \varrho \cdot m \cdot 4\,\pi^2 r/t^2$. Ist dieser Wert $> mg$, d. h. die Umlaufszeit t hinreichend klein, so verhindert die Reibung das Fallen.

Über den rotierenden Ballon mit Wasser, der oben und unten ein Loch haben kann, gibt Zeile 1, Abschnitt 1, eine allzu summarische Auffassung. *M. Koppe.*

Zu dem Aufsatz von H. Greinacher über die Nullpunktsbestimmung bei der Wage in Heft 2, S. 54 sind Ergänzungen und Erweiterungen eingesandt worden von den Herren E. Voigt in Troppau, H. Winter in Ludwigslust i. M. und H. Schüepp in Zollikon bei Zürich. Aus Raumrücksichten kann indes ein Abdruck dieser Einsendungen nicht erfolgen.

Himmelserscheinungen im November und Dezember 1920.

12^h = Mittag, 0^h und 24^h = Mitternacht. (Berliner Zeit = M E Z − $0{,}1^h$).

M E Z 12^h		November 2	7	12	17	22	27	Dezember 2	7	12	17	22	27
☿	AR	$15^h 55^m$	15.57	15.44	15.19	15.0	14.59	15.12	15.33	16.0	16.29	17.0	17.33
	D	-23^0	−23	−21	−18	−15	−14	−15	−17	−19	−21	−23	−24
♀	AR	$16^h 39^m$	17.5	17.32	17.59	18.26	18.52	19.19	19.45	20.11	20.36	21.0	21.24
	D	-23^0	−24	−25	−25	−25	−25	−24	−23	−22	−21	−19	−17
☉	AR	$14^h 29^m$	14.49	15.9	15.30	15.51	16.12	16.34	16.55	17.17	17.39	18.2	18.24
	D	$-14{,}7^0$	−16,3	−17,7	−19,0	−20,1	−21,1	−22,0	−22,6	−23,1	−23,4	−23,4	−23,3
♂	AR	$18^h 48^m$	19.5	19.21	19.37	19.54	20.10	20.26	20.42	20.57	21.13	21.28	21.43
	D	-25^0	−24	−24	−23	−22	−22	−21	−20	−19	−17	−16	−15
♃	AR		11.3		11.8		11.13		11.17		11.19		11.21
	D		7^0		7		6		6		6		6
♄	AR				$11^h 37^m$				11.42				11.44
	D				5^0				4				4
Stern-zeit [1])		$14^h 45^m$	15.5.	15.25.	15.44.	16.4.	16.24.	16.43.	17.3.	17.23.	17.43.	18.2.	18.22
		39^s	22	5	48	30	13	56	39	21	4	47	30
Zeitgl.		$-16^m 22^s$	−16.15	15.47	14.58	13.49	−12.20	−10.33	−8.30	6.14	3.50	1.22	+1.7

Breite von Berlin. Ortszeit. Oberer Rand von ☉ und ☾.

☉	Aufg.	$6^h 58^m$	7.7	7.16	7.25	7.33	7.42	7.49	7.56	8.1	8.6	8.10	8.11
	Unter-gang	$16^h 29^m$	16.20	16.11	16.4	15.59	15.53	15.49	15.47	15.46	15.46	15.48	15.52
☾	Aufg.	$22^h 20^m$	3.18	8.51	12.7	14.5	17.37	23.56	4.39	9.7	11.22	13.34	18.58
	Unter-gang	$12^h 37^m$	14.51	17.32	22.14	2.45	8.54	12.9	14.16	18.0	23.17	4.4	9.8

[1]) Im Stargarder Meridian.

Wintersanfang Dez. 22, 4^h M E Z.

Finsternisse. Sonnenfinsternis Nov. 10, 13^h, in Berlin unsichtbar.

	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
Mondphasen			Okt. $27^d\ 15^h\ 9^m$	Nov. $3^d\ 8^h\ 35^m$
M E Z	Nov. $10^d\ 17^h\ 5^m$	Nov. $18^d\ 21^h\ 13^m$	Nov. $26^d\ 2^h\ 42^m$	Dez. $2^d\ 17^h\ 29^m$
	Dez. $10^d\ 11^h\ 4^m$	Dez. $18^d\ 15^h\ 40^m$	Dez. $25^d\ 13^h\ 39^m$	Jan. $1^d\ 5^h\ 35^m$

Der **Mond** tritt zu folgenden Zeiten (M E Z) in die abgerundeten **Sternbilder** des **Tierkreises**:

Sternbild	W	S	Z	K	L	J	Wg	Sp	Sz	Sb	Ws	Fs	
Länge	25^0	55^0	85^0	115^0	145^0	175^0	205^0	235^0	265^0	295^0	325^0	355^0	
Okt.			$31{,}2^d$.	2,3	4,4	6,6	8,9	11,3	13,7	16,3	18,8	21,2	Nov.
Nov.	$23{,}5^d$	25,5	27,5	29,6	1,6	3,8	6,1	8,5	11,0	13,5	16,0	18,5	Dez.
Dez.	$20{,}8^d$	23,0	25,0	27,0	29,0	31,1							

Tägliches **Erscheinen** und **Verschwinden** der Planeten. **Ortszeit.** Breite von Berlin.

Tag	☿ Morgenstern vorm.		Tag	♀ Abendstern nachm.	♂ Schütze Steinbock nachm.	♃ (Löwe) vorm.	♄ (Löwe) vorm.
			X 28	D_a $5{,}3^h$ U $5{,}7^h$	D_a 5,8 U 7,7	A 1,7 v D_m 5,8	A 2,5 v D_m 5,7
XI 21	A 6,4	D_m 6,4	XI 17	D_a 4,8 U 5,8	D_a 5,3 U 7,7	A 0,7 v D_m 6,3	A 1,4 v D_m 6,2
XII 2	A 5,8	D_m 6,6	XII 7	D_a 4,5 U 6,5	D_a 5,1 U 7,9	A 11,6 n D_m 6,8	A 0,2 v D_m 6,6
XII 19	A 6,8	D_m 6,8	27	D_a 4,6 U 7,5	D_a 5,2 U 8,1	A 10,3 n D_m 7,0	A 10,9 n D_m 6,9
			32	D_a 4,7 U 7,8	D_a 5,2 U 8,1	A 10,0 n D_m 7,0	A 10,6 n D_m 6,9

A = Aufgang; U = Untergang; D_a = Abend-Dämmerung; D_m = Morgen-Dämm. *M. Koppe.*

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Univ.-Druckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.